Chem. 234 d

Physiologie

des

Stoffwechsels

in Pflanzen und Thieren.

Ein Handbuch

für

Naturforscher, Landwirthe und Aerzte

von

Dr. Jac. Moleschott,

Privatdocenten der Physiologie an der Universität zu Heidelberg.

Erlangen, 1851.

Verlag von Ferdinand Enke.

42

Chem. 234 d

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Schnellpreſſendruck von C. H. Kunſtmann in Erlangen.

Vorwort.

Es ſcheint mir endlich Zeit, daß die Phyſiologen ſyſtematiſch das Vermächtniß antreten, das ihnen die Chemiker überweiſen. Ich glaube der weitgreifenden Genialität Liebig's und der von ſcharfſinnigem Talent beſeelten Gründlichkeit Mulder's nicht zu nahe zu treten, wenn ich von Beiden behaupte, daß ihnen die Phyſiologie mehr anregende Gedanken, mehr thatſächliche Bereicherungen in den wichtigſten chemiſchen Fragen als eine umſichtige, den Forderungen der Phyſiologie ſelbſt entſprechende Durchführung ihrer Lehren zu verdanken hat. Der Phyſiologe wird nie aufhören, von jenen beiden Forſchern zu lernen. Aber das Gelernte ſoll er ſelbſtändig in ſeiner eigenen Wiſſenſchaft verarbeiten.

Anfangs war es meine Abſicht mich an einer phyſiologiſchen Chemie zu verſuchen. Man hat indeß dieſen Namen immer mehr und mehr für eine zum Nutzen der Phyſiologen geſchriebene organiſche Chemie in Anſpruch genommen. Was ich darunter verſtand, iſt keine angewandte, es iſt eine ſelbſtändige Wiſſenſchaft. Daher der kühnere Name einer „Phy-

ſiologie des Stoffwechſels.“ Ich bin mir klar und deutlich bewußt, daß ich in dieſer Geſtalt ein neues wiſſenſchaftliches Gebäude aufgeführt habe. Möge es Beachtung finden bei den praktiſchen Naturforſchern, die wegen der Verirrungen einzelner Theoretiker oft die Theorie als Ballaſt über Bord werfen, und Nachſicht bei den Männern, denen mein Gebäude ſeine beſten Bauſtoffe verdankt.

Heidelberg, den 18. Juni 1851.

Jac. Moleſchott.

Inhaltsverzeichniß.

Seite

Einleitung VII

Erstes Buch: **Die Ernährungsquellen der Pflanzen** 3

Kap. I. Die Ackererde 3

„ II. Die Luft 21

„ III. Das Wasser 29

„ IV. Die Nahrungsstoffe der Pflanzen 36

Zweites Buch: **Die Bildung der allgemein verbreiteten Bestandtheile der Pflanzen** 69

Einleitung 69

Kap. I. Die eiweißartigen Körper 75

„ II. Die stärkmehlartigen Körper 101

„ III. Die Fette und das Wachs 134

„ IV. Die anorganischen Bestandtheile der Pflanzen 158

Drittes Buch: **Die Bildung der allgemein verbreiteten Bestandtheile der Thiere** 185

Kap. I. Die Nahrungsstoffe der Thiere 185

„ II. Die Verdauung 191

„ III. Der Chylus 220

„ IV. Das Blut 228

Viertes Buch: **Geschichte der allgemein verbreiteten Bestandtheile der Pflanzen innerhalb des Pflanzenleibes** 273

Einleitung 273

Kap. I. Die Säuren 275

„ II. Die Alkaloide und die indifferenten Stoffe 299

Seite

Kap. III. Die Farbstoffe 318
„ IV. Die flüchtigen Oele und die Harze 338
Rückblick auf die besonderen Pflanzenbestandtheile, Ausscheidung der Pflanzen 354

Fünftes Buch: **Geschichte der allgemein verbreiteten Bestandtheile der Thiere innerhalb des Thierleibes** . . 359
Kap. I. Die Gewebe 359
„ II. Die Absonderungen 400
„ III. Die Rückbildung der Materie im Thierleibe 463
„ IV. Die Ausscheidungen 484
Die Eigenwärme 535

Sechstes Buch: **Das Zerfallen der organischen Stoffe nach dem Tode** 545
Kap. I. Von den Vorgängen des Zerfallens im Allgemeinen . . 545
„ II. Das Zerfallen der eiweißartigen Körper und ihrer Abkömmlinge 554
„ III. Das Zerfallen der Fettbildner und der Fette 562
Rückblick 567

Einleitung.

Digitized by Google

Einleitung.

Noch in den ersten Seiten von Buffon's Naturgeschichte des Menschen liest man die Worte: notre âme est impérissable, et la matière peut et doit périr.

Und um dieselbe Zeit schrieb Georg Forster: „in einem Systeme, wo alles wechselseitig anzieht und angezogen wird, kann nichts verloren gehen; die Menge des vorhandenen Stoffs bleibt immer dieselbe."

Dieser Satz ist der Grundgedanke, den Lavoisier mit der Wage in der Hand zu beweisen begonnen. Er ist seitdem durch tausend Beweise gesichert. Chemiker, Physiker, Physiologen wiederholen täglich diesen Beweis, gleichviel ob bei ihren Wägungen der Satz in ihr Bewußtsein dringt oder nicht.

Formen und Kraftäußerungen sind in fortwährendem Wechsel begriffen, nicht weil sich der Stoff vermehrt, vermindert oder in seinen ursprünglichen Eigenschaften verändert. Aber die Grundstoffe

ändern ihren Platz. Wir können die Verbindungen nicht zählen, in welchen sechszig und mehr Elemente sich vereinigen, kreuzen, um sich immer wieder zu zerlegen und in dem Augenblick der Trennung neue Verbindungen zu knüpfen.

All dieses Suchen und Meiden verändert die Form, es bringt die Kraft zur Erscheinung. Die Stoffe wechseln die räumliche Stellung, die sie zu einander behaupten; sie nähern sich, sie weichen aus einander, bald in meßbarer, bald in unmeßbarer Entfernung.

Jede Kraftäußerung beruht auf diesen Anziehungen und Abstoßungen der Massen, der Molecüle. Die Kraft verräth sich unsren Sinnen durch Bewegung.

Kinder und kindliche Völker, deren Vertreter nicht aussterben, denken sich die Kraft als einen Stoß, der von außen kommt, im besten Falle als unsichtbaren Geist über, hinter, unter dem Stoffe. Es ist ein Fortschritt und zwar ein ziemlich schwerer, der die einseitig concrete Anschauung in die einseitige Abstraction verwandelt.

Viel schwerer aber noch muß es sein, den Weg der Versöhnung zwischen diesen Widersprüchen zu finden, die von vielen Naturforschern nicht einmal geahnt werden. Und doch bedarf es hierzu nur der klaren Einsicht, daß unser Wissen von den Sinnen kommt.

Jeder Eindruck, den die Materie auf unsre Sinne macht, giebt uns Kunde von einem Verhältniß der stofflichen Außenwelt zu unsrem Körper. Jede Veränderung in Raum und Zeit, die wir beide nur durch einander kennen, zeigt sich unsren Sinnen als Bewegung. Die Eigenschaft der Materie, die diese Bewegung ermöglicht, nennen wir Kraft.

Die Kraft ist kein stoßender Gott, kein von der stofflichen Grundlage getrenntes Wesen der Dinge. Sie ist des Stoffes unzertrennliche, ihm von Ewigkeit innewohnende Eigenschaft.

Es ist keine Voraussetzung, keine Hypothese, daß diese Eigenschaft durch die Wirkungen, durch die Bewegungserscheinungen, welche

ſie hervorruft, gemeſſen wird. Denn außer jenen Wirkungen kennen wir von den Kräften nichts.

Grundſtoffe zeigen ihre Eigenſchaften nur im Verhältniß zu anderen. Sind dieſe nicht in gehöriger Nähe unter geeigneten Umſtänden, dann äußern ſie weder Abſtoßung noch Anziehung. Es tritt keine Bewegung in die Erſcheinung.

Offenbar fehlt hier die Kraft nicht. Allein ſie entzieht ſich unſren Sinnen, weil die Gelegenheit zur Bewegung fehlt.

Wo ſich auch immer Sauerſtoff befinden mag, hat er Verwandtſchaft zum Waſſerſtoff, zum Kalium. Ob ſich aber der Sauerſtoff mit Waſſerſtoff, mit Kalium verbindet, das hängt zunächſt davon ab, ob Waſſerſtoff oder Kalium in ſeine Nähe gelangen.

Die Eigenſchaft des Sauerſtoffs, ſich mit Waſſerſtoff verbinden zu können, iſt immer vorhanden. Ohne dieſe Eigenſchaft beſteht der Sauerſtoff nicht. Macht man dieſe Kraft zu einer Abſtraction, dann iſt der Sauerſtoff nicht Sauerſtoff mehr.

Eben weil ſich die Kraft zur Materie als Eigenſchaft verhält, reden wir von ruhenden Kräften, von Kräften, die ſich das Gleichgewicht halten. Wenn ſich der Waſſerſtoff mit dem Sauerſtoff zu Waſſer verbunden hat, dann ruhen die Kräfte beider Elemente, die Eigenſchaft des Sauerſtoffs Waſſerſtoff anzuziehen hält der Neigung des Waſſerſtoffs ſich mit Sauerſtoff zu verbinden das Gleichgewicht.

Alles dieſes iſt nicht erdacht. Es läßt ſich nicht erdenken, es läßt ſich nur durch ſinnliche Wahrnehmung finden. Der Gedanke giebt nur der einzelnen Erſcheinung die allgemeine Form, wenn die Wahrnehmung durch tauſend und abermals tauſend Beobachtungen beſtätigt wird.

Darum iſt die Entwicklungsgeſchichte der Sinne der Menſchheit auch die Entwicklungsgeſchichte ihres Verſtandes. Die Entwicklungsgeſchichte der Vernunft beginnt mit der Erkenntniß dieſes Satzes.

Hat der Menſch alle Eigenſchaften der Stoffe erforſcht, die auf ſeine entwickelten Sinne einen Eindruck zu machen vermögen, dann hat er auch das Weſen der Dinge erfaßt. Damit erreicht er ſein, d. h. der Menſchheit abſolutes Wiſſen. Ein anderes Wiſſen hat für den Menſchen keinen Beſtand. Denn jedes Weſen, und ſei es höherer und höchſter Ordnung, erfährt nur das, wodurch es ſinnlich berührt wird. Ein unſinnliches Weſen iſt ein Unſinn. Jeder Satz, der nicht mit unſerer geübten ſinnlichen Wahrnehmung in Einklang zu bringen iſt, mag eine Wahrheit ſein für Spinnen oder Engel, für uns iſt er unwahr.

Das iſt der Unterſchied zwiſchen Kant und unſrer Auffaſſung. Kant wußte, daß wir die Dinge nur kennen nach dem Eindruck, den ſie auf unſre Sinne machen, nur wie ſie für uns ſind. Daß er aber ein Wiſſen von dem Ding an ſich denken konnte als im Gegenſatz zu dem Wiſſen fühlender, ſehender, hörender Menſchen — das iſt die Kluft, die ihn von uns trennt. Dieſe Kluft haben Schelling und Hegel ausgefüllt.

Wenn die Kraft von dem Stoffe unzertrennlich iſt, dann iſt ſie, wie jede andere Eigenſchaft, ein nothwendiges Merkmal des Stoffs überhaupt.

Früher pflegte man, wie Forſter es ſinnig ausdrückt, überall Abſichten anzunehmen, wo man Beziehungen bemerkte.

Iſt aber die Kraft ein nothwendiges Merkmal, nothwendige Eigenſchaft der Materie, dann kann ſie keinen Abſichten dienen. Die Kraft, die Verrichtung organiſcher Weſen z. B. iſt nicht da, um Zwecke zu erfüllen, wenn ſie gleich allemal die Wirkung erreicht, welche der Kraft entſpricht.

Letzteres ist das nothwendige Verhältniß der Wirkung zur Ursache. Nur diese Ursache ist Gegenstand denkender Forschung. Die Folge der gegenwärtigen Wirkung ist, so lange sie nicht unter gleichen oder entsprechenden Verhältnissen gesehen wurde, ein Spiel rathender Ahnungen.

Darum wollte Forster, — um einen Naturforscher zu nennen, — schon im Jahre 1791 „den alten Sauerteig der Teleologie" vertrieben wissen. Spinoza hatte sie längst bekämpft.

Aber es war Hegel's That, daß er die Nothwendigkeit alles dessen was ist, eben weil es ist, in weiteren Kreisen erkennen lehrte. Auch die Naturforscher haben es größtentheils durch ihn gelernt, wenn sie es auch nicht Wort haben wollen, weil sie es gewöhnlich aus dritter Hand lernten und Hegel selbst nicht verstanden oder nicht lasen.

Ihre größten Fortschritte verdankt die Naturwissenschaft unsrer Tage bewußter oder unbewußter Anwendung jenes Gesetzes der Nothwendigkeit, so wie es andererseits der gefährlichste Feind aller gesunden Beobachtung ist, daß auch die Männer, welche die Teleologie bekämpfen, beinahe täglich leiden an Rückfällen in die alte Sünde.

Mir schien es Pflicht dieses allgemeine Glaubensbekenntniß hierher zu schreiben, selbst auf die Gefahr hin, daß viele Naturforscher in meinen Worten naturphilosophische Speculationen in dem anrüchig gewordenen Sinne wittern werden. Gerne nehme ich das Verdammungsurtheil von denen hin, denen die Beobachtung um ihrer selbst und nicht um des Gesetzes willen wichtig ist. Mir hat das empirische Wissen erst dann volle Geltung, wenn es Baustoffe liefert zu den Weltgesetzen, die das menschliche Hirn erfassen kann. Für jeden Theil der Einen großen Naturwissenschaft wurzelt die Begeisterung nur in der Erkenntniß, wie sich derselbe zur Weltweisheit verhält. Deshalb braucht man nicht zu ermüden in der Sammlung von Thatsachen, da die Erkenntniß nur aus Anschauungen erwächst und nur

viele Anſchauungen uns zu Geſetzen verhelfen. Allein ebenſo wenig „ſollen Mißbrauch oder irrige Richtungen der Geiſtesarbeit zu der die „Intelligenz entehrenden Anſicht führen, als ſei die Gedankenwelt, ih„rer Natur nach, die Region phantaſtiſcher Truggebilde; als ſei der „ſo viele Jahrhunderte hindurch geſammelte überreiche Schatz empiri„ſcher Anſchauung von der Philoſophie, wie von einer feindlichen Macht, „bedroht. Es geziemt nicht dem Geiſte unſerer Zeit, jede Verallge„meinerung der Begriffe, jeden auf Induction und Analogien gegrün„deten Verſuch, tiefer in die Verkettung der Natur-Erſcheinungen ein„zudringen, als bodenloſe Hypotheſe zu verwerfen, und unter den „edeln Anlagen, mit denen die Natur den Menſchen ausgeſtattet hat, „bald die nach einem Cauſal-Zuſammenhang grübelnde Vernunft, „bald die regſame, zu allem Entdecken und Schaffen nothwendige „und anregende Einbildungskraft zu verdammen“ (Alexander von Humboldt).

Es iſt nicht ſchwer einzuſehen, durch welche Gedankenverbindung der Satz, daß der Vorrath der Materie ſich immer gleich bleibt, zur Grundlage wird der Weltweisheit unſerer Tage.

Wenn aber die Menge des vorhandenen Stoffes immer dieſelbe bleibt, wenn ſich die Kraft zum Stoff als Eigenſchaft verhält, dann kann die Mannigfaltigkeit der Formen und Verrichtungen der organiſchen Natur nur bedingt ſein durch den Wechſel der Grundſtoffe, die ſich anziehend, abſtoßend ſuchen und meiden.

Nur aus dem Stoffwechſel begreift ſich das Leben, und jene allgemeine Beziehung leiht der Lehre vom Stoffwechſel eine Bedeutung weit über das Leben hinaus.

Aus Erde, Luft und Waſſer erwächst die Pflanze. Die Pflanze nährt das Thier. Aus den allgemein verbreiteten Beſtandtheilen der Pflanze wird der Thiere Blut. Nach hunderterlei Umbildungen, die das Blut, die allgemein verbreiteten Pflanzenſtoffe im Leib von Thieren und Pflanzen erleiden, zerfällt die organiſirte Form, zugleich mit dieſer der organiſche Zuſammenhang der ſtofflichen Grundlage. Die Verweſung verwandelt das Thier, die Pflanze in Erde, Luft und Waſſer.

Durch dieſen Kreislauf der Elemente beſteht die organiſche Natur. Die Lehre dieſes Kreislaufs iſt die Phyſiologie des Stoffwechſels in Pflanzen und Thieren.

In dieſem Sinne gefaßt geht die Phyſiologie des Stoffwechſels aus von den Ernährungsquellen der Pflanzen. Sie lehrt, wie die Pflanzen aus ihren Nahrungsſtoffen ihre allgemein verbreiteten Beſtandtheile, wie die Thiere aus letzteren ihre Blutflüſſigkeit bilden. In der Pflanze zerſetzen ſich die allgemein verbreiteten Beſtandtheile in Säuren und Baſen, in Harze und Farbſtoffe und andere abgeleitete Körper. Aus dem Blut des Thiers entſtehen Gewebe, Abſonderungen und Ausſcheidungen. Die Phyſiologie des Stoffwechſels ſchildert die Geſchichte von dieſen und jenen, um endlich daran die Darſtellung der Umſetzungen zu knüpfen, welche die organiſchen Weſen nach dem Tod erleiden. Alle Erzeugniſſe dieſer Umſetzungen ſind Beſtandtheile von Erde, Luft und Waſſer; die Endprodukte bilden die Nahrungsſtoffe der Pflanzen.

Die Entwicklung beginnt aufs Neue ihren Kreislauf, ehe noch die Rückbildung ihr Endziel erreicht hat. Ich habe mit Bewußtſein darnach geſtrebt, ein Gemälde dieſes Kreislaufs zu entwerfen.

Am räthſelhafteſten iſt es von jeher erſchienen, daß dieſelben Elemente, die heute in der Luft ſchweben als Kohlenſäure, Waſſer, Ammoniak, morgen Pflanzen und übermorgen Thiere bilden helfen, ohne Vermählung mit einer anderen Kraft als diejenige iſt, die von aller Ewigkeit den Elementen innewohnt.

Und wir wollen allerdings unſeren Blick nicht abſtumpfen für die Verſchiedenheit, welche die organiſche Materie von der anorganiſchen trennt, trotz aller leiſer Schattirungen der Uebergänge, welche die Grenze verwiſchen.

Iſt es doch, um zunächſt von der Zuſammenſetzung zu reden, eine ausgemachte Sache, daß das Binairitätsgeſetz und die Dalton'ſche Grenze den organiſchen Verbindungen fehlen. Und iſt es kein ſcharfer, höchſt bezeichnender Unterſchied, daß die organiſche Natur unerſchöpflich reich iſt an Verbindungen, deren Elemente in gleichen Zahlenverhältniſſen, ja oft in gleicher Summe vorhanden ſind, während ſie die wichtigſten Unterſchiede in den Eigenſchaften zeigen?

Die verſchiedene Lagerung der Molecüle, alſo die verſchiedene Miſchung bei ſcheinbar gleicher Zuſammenſetzung, welche jene Mannigfaltigkeit der Eigenſchaften erklärt, macht den Zuſammenhang ſo verwickelt, der die Grundſtoffe zu organiſchen und organiſirten Körpern zuſammenfügt. Darum iſt es oft ſo ſchwer ſich ein Bild zu machen von der Conſtitution organiſcher Verbindungen. Und aus dieſem Grunde gelingt es ſo ſelten, aus einfachen anorganiſchen Körpern die zuſammengeſetzte organiſche Materie wiederzuerzeugen.

Wenn wir aber dereinſt in die Conſtitution vieler organiſcher Körper tiefer eingedrungen ſein werden, dann müſſen ſich die Beiſpiele mehren, deren klaſſiſches Urbild Liebig und Wöhler aufſtellten in der Erzeugung des Harnſtoffs aus Cyanſäure und Ammoniak, die ſich beide auf anorganiſchem Wege gewinnen laſſen. Als ein minder vollkommenes, aber nicht minder lehrreiches, viel verſprechendes Beiſpiel reiht ſich hieran die von Redtenbacher entdeckte

Bildung eines dem Taurin iſomeren Körpers aus Aldehyd-Ammoniak und ſchwefligter Säure, — minder vollkommen, weil das Aldehyd der Eſſigſäure bisher aus anorganiſchen Stoffen nicht dargeſtellt werden konnte.

Je verwickelter die Zuſammenſetzung der Materie iſt, deſto lockerer iſt der Zuſammenhang der einzelnen Elemente. Darum iſt Beweglichkeit der Molecüle ein Hauptmerkmal der organiſchen Stoffe. Und dieſe Beweglichkeit äußert ſich in den verſchiedenen Richtungen, welche die Zerſetzung organiſcher Stoffe nehmen kann. Man denke an die Möglichkeit, den Zucker zu zerlegen in Alkohol und Kohlenſäure, oder in Milchſäure und Waſſer, oder in Butterſäure, Kohlenſäure und Waſſerſtoff, oder in Ameiſenſäure und Eſſigſäure, oder in Kleeſäure, Kohlenſäure und Waſſer, oder in Zuckerſäure und Waſſer, oder in Huminſäure, Kohlenſäure und Waſſer, um diejenigen Umſetzungen nicht zu erwähnen, welche man am Zucker bisher nur im Organismus beobachtet hat. Man denke an die Spaltbarkeit des Cyans in Cyanſäure und Blauſäure, oder in Kohlenſäure, Ammoniak und Harnſtoff, oder in Kleeſäure und Ammoniak, oder in Kleeſäure, Kohlenſäure, Ameiſenſäure und Harnſtoff, um es inne zu werden, daß ſich dieſen Beiſpielen von Beweglichkeit der Molecüle nicht ein einziges aus der anorganiſchen Natur anreihen läßt.

Auf der höchſten Stufe der Ausbildung zeichnet ſich die organiſche Materie aus durch ihre verhältnißmäßige Indifferenz. Eiweiß, Zellſtoff, Zucker, Fett, kurz die am weiteſten verbreiteten organiſchen Körper, diejenigen, die vor allen anderen organiſirte Formen annehmen, beſitzen weder baſiſchen, noch ſauren Charakter, oder ihre Verwandtſchaft zu Säuren und Baſen ſteht auf der niederſten Stufe.

Treten endlich Baſen und Säuren in der organiſchen Welt auf, ſo ſind ſie mit vereinzelten Ausnahmen, auch wenn ihr Charakter deutlich ausgeſprochen iſt, ſchwach im Vergleich zu den anorganiſchen Säu-

ren und Baſen. Sie bilden überdies den Uebergang zum Verfall der organiſchen Weſen.

Ihren höchſten Ausdruck findet die Eigenthümlichkeit der Zuſammenſetzung und der Eigenſchaften, welche die organiſche Materie auszeichnen, in der Form. Die anorganiſchen Stoffe neigen zur Kryſtalliſation, die organiſchen zur Zellenbildung; für die organiſchen Stoffe beginnt die Fähigkeit der Kryſtalliſation gewöhnlich erſt dann, wenn ſie in raſcher Bewegung zum Zerfallen begriffen ſind. Wenn auch der Zucker und die Fette kryſtalliſiren — es fehlt in der Natur an ſolchen Uebergängen nie —, ſo finden ſich doch die betreffenden Stoffe im organiſchen Körper höchſt ſelten kryſtalliſirt, und die ausgeprägteſten Kryſtallformen finden ſich bei Säuren und Baſen, bei Salicin und Harnſtoff, kurz in denjenigen Erzeugniſſen des Stoffwechſels, die keine organiſirte Formen annehmen.

Wenn eine Flüſſigkeit Eiweiß und Fett oder Gummi gelöſt enthält, dann bilden ſich in ihr feſte Molecüle, die ſich in Gruppen vereinigen und Kerne darſtellen. Aus dem Cytoblaſtem geht der Cytoblaſt hervor. Um den Kern bildet ſich die Zelle. Aus Kernen und Zellen werden Faſern geboren. Es entſtehen Gewebe und Organe, wie ſie aus anorganiſchen Stoffen nicht erzeugt werden können.

In dem Reichthum organiſirter Formen ſpiegelt ſich die Mannigfaltigkeit organiſcher Miſchung. Zwiſchen Form und Kraft und Miſchung herrſcht ein ewiger Zuſammenhang. Die Form iſt wie die Verrichtung ein immanentes Merkmal der Materie, wie die Materie raſtloſem Wechſel unterworfen. Darum iſt die Kraft ſo unſterblich wie der Stoff.

Es war Mulder's leuchtendes Verdienſt, daß er zuerſt mit der ganzen Tiefe eines fruchtbaren Kopfes auf jene Wechſelwirkung zwiſchen Stoff und Form und Verrichtung aufmerkſam machte. Die Einſicht in dieſe immer wechſelnde Einheit iſt die Seele aller heutigen Forſchung — und doch liegt ſie Vielen noch ſo fern. Zwei der tüch-

tigſten Mikroſkopiker, ein Mohl und Henle, konnten ſich nicht zu dieſem Gedanken erheben. Aber Henle's Irrthümer hat Reichert vortrefflich aufgedeckt, und einem Forſcher wie Mohl iſt in Schleiden ein würdiger Gegner erwachſen.

So wie die Materie einen beſtimmten Grad zuſammengeſetzter Miſchung erreicht hat, entſteht mit der organiſirten Form die Verrichtung des Lebens. Die Erhaltung jenes Miſchungszuſtandes bei fortwährendem Wechſel der Stoffe bedingt das Leben der Individuen.

Jene Eigenthümlichkeit der Zuſammenſetzung iſt nicht etwa Ausfluß einer beſonderen Verwandtſchaft der Grundſtoffe, die denſelben außer dem Leben fehlte. Nur der Zuſtand der Verbindung, Wärme, Luftdruck, Bewegung in meßbaren Entfernungen ſind verſchieden, die Verhältniſſe ſind abweichend, unter welchen ſich die Verwandtſchaft äußert, die von Ewigkeit her dem Stickſtoff, Kohlenſtoff, Waſſerſtoff, Sauerſtoff, dem Schwefel, dem Phosphor innewohnt.

Glühendes Platin vermag Waſſer zu zerſetzen, ein Druck von 36 Atmoſphären verdichtet bei 0° die Kohlenſäure zu einer farbloſen, tropfbaren Flüſſigkeit, eine leiſe Berührung reicht hin, den Jodſtickſtoff zu zerſetzen. Das ſind geſteigerte Wirkungen derſelben Verhältniſſe, die in unzähligen Schattirungen die Organiſation der Materie hervorrufen.

Waſſer wird von der Pflanze zerſetzt, Kohlenſäure von der Pflanze verdichtet, und wenn wir ſpäter ſehen werden, daß gewiſſe Pflanzen von Kohlenſäure, Waſſer, Ammoniak und einigen Salzen leben und gedeihen können, wenn wir dazu bedenken, daß die Vorſtellung einer Kraft, die nicht an die Materie gebunden wäre, zum Unſinn führt, ſo iſt damit der unmittelbare Beweis geliefert, daß es nur die Umſtände ſein können, welche die Erzeugniſſe der in den Elementen thätigen Verwandtſchaft beſtimmen.

Ob wir denn dieſe Umſtände nicht nachahmen können? O ja, ſehr oft. Am vollendetſten bei der Gährung des Harnſtoffs, den wir

aus anorganiſchen Stoffen erzeugen können, während jene Gährung gewöhnlich von Pilzbildung begleitet iſt.

Darum geben uns die Vorgänge, die wir in Bechergläſern und Tiegeln beobachten, ſo manchen Aufſchluß über das Leben. Viele Chemiker behaupten beinahe in Einem Athem, dieſe oder jene Umwandlung organiſcher Stoffe ſei im Körper nicht anzunehmen, weil ſie im Laboratorium nicht gelungen ſei, und umgekehrt eine im Laboratorium mögliche Veränderung ſei deshalb nicht auch im Organismus möglich. Jene Annahme und dieſe Möglichkeit ſind jedoch immer denkbar und ſehr oft wirklich.

In den allermeiſten Fällen vermag der Organismus wenigſtens ebenſoviel wie Kolben und Retorten, nicht ſelten mehr. Wie ſich mit Bezug auf die Geologie der Tiegel des Chemikers zur großen, nimmer ruhenden Werkſtatt der Natur verhält, ſo in den phyſiologiſchen Erſcheinungen die Kunſtgriffe des Laboratoriums zu der unaufhörlich ſtrömenden Bewegung des Lebens. Und eben der Umſtand, daß der Organismus Verbindungen und Zerſetzungen bewirkt, die wir bis jetzt auf künſtliche Weiſe nicht nachzuahmen vermögen, iſt ein deutlicher Beweis für die Möglichkeit, daß die Stetigkeit des lebendigen Stoffwechſels mit ſcheinbar geringeren Mitteln häufig die Macht der Eingriffe aufwiegt, welche im Laboratorium auf eine kurze Spanne Zeit beſchränkt bleibt.

Durch bloße Wärme läßt ſich der rectangulairditetraedriſche Arragonit in ein Haufwerk von Kalkſpathkryſtallen verwandeln, welche die Form des Rhomboeders zeigen. Ein Doppelſalz der Traubenſäure mit Natron und Ammoniak liefert nach der hochwichtigen Entdeckung Paſteur's zweierlei hemiedriſche Kryſtalle, aus denen ſich zwei iſomer zuſammengeſetzte Säuren von gleicher hemiedriſcher Kryſtallform abſcheiden laſſen, die gar keine andere Verſchiedenheit zeigen, als daß die eine, die mit der Weinſäure übereinſtimmt, den polariſirten Lichtſtrahl zur Rechten, die andere zur Linken ablenkt. Der Ablenkungswinkel

iſt in beiden Fällen gleich groß, die rechtsdrehende und die linksdrehende Säure zeigen dieſelben Löslichkeitsverhältniſſe, kurz ohne Ausnahme dieſelben Eigenſchaften, nur daß ſie den polariſirten Lichtſtrahl nach verſchiedenen Seiten ablenken. Und dennoch, ſelbſt dieſer geringfügigen Verſchiedenheit der Eigenſchaften entſpricht eine verſchiedene Lagerung der Molecüle, die ſich in dieſem beſtimmten Falle dadurch verräth, daß die hemiedriſchen Flächen bei der einen Säure links, bei der anderen rechts liegen. Die eine Säure erſcheint als das Spiegelbild der anderen. Es iſt der Fall von Hemiedrie, den Paſteur in ſeinen neueſten Arbeiten als die nicht deckende bezeichnet, die aber nach Auflöſung der Kryſtalle nicht bei allen Körpern, z. B. nicht bei der ſchwefelſauren Bittererde, beim ameiſenſauren Strontian, vom Drehungsvermögen für den polariſirten Lichtſtrahl begleitet iſt.

So leiſe wie hier Zuſammenſetzung, Form und Eigenſchaften in einander greifen, ſo leiſe gehen die unzähligen Abſtufungen organiſcher Materie in einander über. Daher die Fülle von Formen, welche die Miſchung bei der Organiſation bedingt.

Eine unklare Verwechslung von Kraft und Zuſtand hat den Inbegriff von Umſtänden, welche die Organiſation veranlaſſen, mit dem Namen Lebenskraft bezeichnet. Seine praktiſche Gefährlichkeit hat dieſer Irrthum verloren, weil es wohl keinem Naturforſcher mehr einfällt, dieſes Wort als einen Zauberſtab der Erklärung zu handhaben.

Dieſe Lebenskraft ſoll die Verwandtſchaften der Materie beherrſchen, und Niemand weiß, von wannen ſie kommt, Niemand kennt ihren Träger. Sie iſt eine weſenloſe Abſtraction oder ganz willkührliche Perſonification eines Zuſtandes, die nach dem Obigen keiner Bekämpfung mehr bedarf.

Wenn die Elemente, Kohlenſtoff, Waſſerſtoff, Sauerſtoff, Stickſtoff einmal organiſirt ſind, dann haben die beſtimmten Geſtalten ein Beharrungsvermögen, das, wie die bisherige Erfahrung lehrt, auf Jahrhunderte und Jahrtauſende fortdauert. Mittelſt der Samen, Knoſpen, Eier kehren die nämlichen Geſtalten in beſtimmtem Wechſel wieder. Auf dieſe regelmäßige Wiederkehr hat man vorzugsweiſe die naturgeſchichtliche Eintheilung in Arten gegründet.

Den Inbegriff der Umſtände, den Zuſtand, durch welchen die Verwandtſchaft der Materie mit jenem Beharrungsvermögen dieſelben Formen erzeugt, hat Henle nach Schelling's Vorgang mit dem Namen der typiſchen Kraft belegt. Ein kleiner Fortſchritt iſt in dieſen typiſchen Kräften gegeben, indem dieſelben doch ſo viel Zuſtände der Materie anerkennen als es Organe giebt und Arten. Allein die typiſche Kraft der Pflanzen und Thiere iſt eine ebenſo leere Abſtraction oder auch eine ebenſo kindliche Perſonificirung wie ihre Mutter die Lebenskraft. Sie ſind ächt antik gedacht, dieſe typiſchen Kräfte, und die Alten würden ihre Freude haben, wenn ſie hören könnten, wie auch in unſren Lorbeerbäumen eine Daphne trauert, in unſren Hirſchen ein Actäon herumjagt.

Die Anthropomorphie iſt überwunden in der Wiſſenſchaft wie im Glauben. Und dennoch iſt für beide die anthropologiſche Grundlage um ſo feſter geworden. Ihre concrete Bethätigung iſt die Erforſchung des Stoffs und ſtofflicher Bewegung. Ich habe kein Hehl, es auszuſprechen: die Angel, um welche die heutige Weltweisheit ſich dreht, iſt die Phyſiologie des Stoffwechſels.

Erſtes Buch.

Die Ernährungsquellen der Pflanzen.

Erſtes Buch.

Die Ernährungsquellen der Pflanzen.

Kap. I.

Die Ackererde.

§. 1.

Die Rinde unſrer Erde enthält in reichlicher Menge die anorganiſchen Stoffe, welche zur größeren Hälfte die weſentlichen Beſtandtheile der Ackererde bilden. Am dichteſten zuſammengedrängt ſind jene Stoffe in Bergen und Felſen, bald weicher und formlos, bald in harten Kryſtallen. Und dieſe felſigen Berge liefern nicht bloß die Hämmer und Zangen, den Marmor und das Gold für unſre Schmieden und die Werkſtätten der Künſtler. Ihre anorganiſchen Beſtandtheile ſind auch die Werkzeuge, welche die organiſchen Stoffe verbinden zu Pflanzen und Thieren, die den Erdball beleben.

Es berſtet der Fels durch den Wechſel von Wärme und Kälte. Aber auch die kalte Wucht einer ewigen Schneedecke ſpaltet den Berg und ſprengt die Blöcke auseinander. Der ſchiebende Gletſcher, die reißenden Bäche und Waſſerfälle ſind gleichſam die Hammerwerke, die den Fels aus ſeinen Fugen treiben und ſeine Ecken zermalmen. In der Natur iſt nicht Raſt und nicht Ruhe. Jene Mächte der Zertrümmerung übertreffen nicht bloß die Gewalt des Tropfens, wenn dieſer durch öfteres Fallen den Sandſtein aushöhlt, das ewig brauſende und toſende Waſſer, die krachenden Eisthürme, die donnernde Lawine zertrümmern den Granit. Auch der Fels kann der Ewigkeit nicht trotzen.

Der Berg zerfällt in Trümmer, die Trümmer werden Staub. Ströme tragen den Staub in die Ebene; sie düngen den Acker, denn sie ertheilen ihm der Pflanzen unentbehrliche Nahrung.

§. 2.

Aber der Fels zerklüftet nicht bloß in Folge der zertrümmernden Gewalt des drückenden Eises und des fallenden Wassers. Der Chemiker hat den Zahn der Zeit zerlegt und gewogen. Sauerstoff, Wasser und Kohlensäure nagen an Felsen wie an den Werken der Menschenhand. Selbst der Granit verwittert. Verwitterung ist nichts als eine Zerlegung durch Sauerstoff, Wasser und Kohlensäure.

Die Metalle, ihre Verbindungen mit Schwefel nehmen Sauerstoff auf. Sie verbinden sich mit diesem kräftigsten Zünder, bis sie ganz mit ihm gesättigt sind. Aus Oxydulen werden Oxyde.

So sehen wir die durch Eisenoxydul (FeO) geschwärzten unteren Schichten der Ackererde roth werden, wenn wir sie heraufgraben. Der Sauerstoff der Luft hat Zutritt und verwandelt das Eisenoxydul in Eisenoxyd (Fe^2O^3). Ein grüner Krystall von schwefelsaurem Eisenoxydul ($FeO + SO^3$) überzieht sich mit einer gelblich grauen Schichte von schwefelsaurem Eisenoxyd ($Fe^2O^3 + 3SO^3$), und der Krystall zerbröckelt, selbst wenn wir ihn in einem geschlossenen Glase aufheben.

Es verwandelt sich der Schwefelkies (FeS^2) der Berge in saures unterschweflichtsaures Eisenoxydul ($FeO + 2SO$). Auch dieses oxydirt sich immer höher, bis sich schwefelsaures Eisenoxyd gebildet hat. Ebenso der Magnetkies ($FeS + Fe^2S^3$).

Wenn sich aber das Eisenoxydul des Thonschiefers, der Magnetkies der Granite mit Sauerstoff verbinden, dann verwittern der Thonschiefer und Granit. Was der Augenblick mit unsern künstlichen Mitteln nicht leisten könnte, das vollbringt die unendliche Kette von Zeiträumen unter der Herrschaft des allgegenwärtigen Sauerstoffs.

§. 3.

Das Wasser löst, was die Berge an löslichen Bestandtheilen enthalten. Denn das Wasser ist wie der Grund, durch den es sickert (Plinius). Es nimmt die schwefelsauren Salze der Alkalien, die

Chlor- und Jodverbindungen der Alkalimetalle, die schwefelsaure Talkerde und den Gyps mit sich.

Vieles aber vermag nicht das Wasser allein, was durch Wasser unter Beihülfe der Wärme und eines erhöhten Druckes erreicht wird. In der Siedhitze kann das Wasser kieselsaure Verbindungen lösen, die es sonst nicht aufnimmt. Ja Forchhammer hat uns gelehrt, daß das Wasser, dessen Wärme unter einem hohen Drucke bis zu 150° gesteigert ist, den Feldspath zersetzt in unlöslichen Porzellanthon und lösliches kieselsaures Kali; aus Kalifeldspath $3\ ((Al^2O^3 + 3\ SiO^3) + (KO + SiO^3))$ wird $3\ Al^2O^3 + 4\ SiO^3$, Porzellanthon, und $3\ KO + 8\ SiO^3$ kieselsaures Kali. So das Wasser der Geiser auf Island.

§. 4.

Wärme und erhöhter Druck können durch eine freie Säure ersetzt werden. Sehr viele Mineralien, welche die Kieselsäure in Verbindung mit Thonerde, Kalk, Bittererde, Alkalien und Wasser in unlöslicher Form enthalten, werden durch Wasser und Salzsäure angegriffen. Mesotyp, Analcim, Zeolith, Hornblende und Epidot zerfließen gallertig, wenn man sie pulvert und mit Salzsäure übergießt. Die Gallerte wird durch die Kieselsäure gebildet.

Es ist die Kieselerde einer von den merkwürdigen Körpern, welche bald die Rolle einer Basis spielen, bald die Stelle einer Säure vertreten. Allein noch eigenthümlicher sind ihre Löslichkeitsverhältnisse. Wenn sie durch eine stärkere Säure aus irgend einem Salze ausgeschieden wird, so bleibt die Flüssigkeit, in der das Salz gelöst ist, nur dann klar, wenn Ein Gewichtstheil Kieselsäure auf dreißig Gewichtstheile Wasser zugegen ist. Was darüber geht, macht das Wasser zu einer Gallerte gestehen. Diese Gallerte enthält ungelöstes Hydrat der Kieselsäure. Sie läßt sich auflösen, wenn man eine hinlängliche Menge Wasser hinzusetzt. Sie wird aber so unlöslich wie der Amethyst oder der Bergkrystall, d. h. wie die krystallisirte Kieselsäure, wenn man sie trocknet und dadurch das Hydratwasser entfernt.

Was die stärkere Salzsäure in kurzer Zeit bewirkt, das leistet die Kohlensäure in einer längeren Dauer. Hornblende, Chlorit, Epidot, Mesotyp geben an kohlensäurehaltiges Wasser von + 15 bis

16° C. in 48 Stunden so viel ab, daß eine qualitative Analyse möglich wird. Ja W. B. und R. E. Rogers fanden bei einer noch länger fortgesetzten Einwirkung der Kohlensäure fast 1 Procent an Kalk und Talkerde, Thonerde, Kieselsäure oder Alkali in der Flüssigkeit gelöst.

Kohlensaure Bittererde ist nach den Untersuchungen der Herren Rogers in Wasser, das mit Kohlensäure geschwängert ist, weit löslicher als kohlensaurer Kalk. In der Weyer's Höhle in Virginien, die aus talkhaltigen Kalksteinen besteht, findet sich in den milchweißen, undurchsichtigen Stalaktiten eine kleine, aber doch bestimmbare Menge kohlensauren Talks, in den spathartigen, durchsichtigen dagegen kaum eine Spur. Das Wasser einer in unmittelbarer Nähe bei der Höhle vorhandenen Quelle ist sehr reich an kohlensaurer Bittererde. Es hat dieses Salz aus den Stalaktiten ausgewaschen [1]).

Die anhaltende Wirkung der Kohlensäure erreicht also die Kraft eines kurz währenden Einflusses starker Mineralsäuren. Ja, mehr noch, die erstere übertrifft oft die letztere. Aus weißem Sand, der kurze Zeit mit Königswasser behandelt und durch Wasser von der Säure wieder befreit war, wird durch kohlensäurehaltiges Wasser in dreißig Tagen kiesel- und kohlensaures Kali, Kalk und Talkerde aufgelöst (Polstorf und Wiegmann).

Adular oder Kalifeldspath, Albit oder Natronfeldspath werden durch Salzsäure in 24 Stunden nicht angegriffen. Und trotzdem widerstehen sie nicht einer hinlänglich dauernden Einwirkung der Kohlensäure. Der Labrador oder Kalkfeldspath, der statt Kali Kalk und Natron enthält, wird schon in kurzer Zeit von Salzsäure gelöst. Also um so leichter, wenn er fortwährend der Einwirkung von Kohlensäure unterworfen ist.

Allein wie der Sauerstoff, so ist, wenn gleich in geringerer Menge, die Kohlensäure allgegenwärtig an der Erdrinde, in der Luft wie im Wasser. Deshalb zeigt sich überall ihr verwitternder Einfluß. Der Granit verliert seinen Glanz so gut wie die Fensterscheiben blind werden auf Mistbeeten und in Ställen.

So viel vermag eine schwache Säure, weil sie überall und stetig einwirkt. Mit der Kohlensäure vereinigen sich aber der Sauerstoff und das Wasser.

---

1) Froriep's Notizen, December 1849. S. 307—309.

Je feiner jene mechanischen Gewalten die Trümmer der Gebirge vertheilten, desto zahlreichere Angriffspunkte bieten diese den chemischen Einflüssen der Verwitterung. Und umgekehrt wird die Zerklüftung der Felsmassen mächtig unterstützt durch die unaufhörliche Einwirkung des Sauerstoffs, der Kohlensäure und des Wassers, die den Zusammenhang der härtesten Mineralien lösen.

Darum sind die Bäche und Flüsse nicht bloß getrübt von den schwebenden Staubtheilen, sie sind auch reichlich geschwängert mit aufgelösten Salzen, die mit dem Wasser den anliegenden Ufern zugetragen werden [1]).

§. 5.

Aus den Gebirgen haben wir also vorzugsweise die anorganischen Bestandtheile herzuleiten, die in wesentlicher Weise den Werth der Ackererde bedingen.

Die Feldspathe und die thonreichen Kalksteine, der Mergel, die Cementsteine liefern Kali und Natron, Gyps und Labrador den Kalk, Dolomit und Anorthit die Talkerde. Kalk und Talk sind beide auch im Thonschiefer enthalten. Den Feldspathen, dem Thonschiefer, dem Alaun verdankt die Ackererde einen großen Theil ihrer Thonerde, dem Klingstein, dem Porphyr und Basalt Eisen und Mangan.

Feldspath und Thonschiefer, so wie der Quarz, sind auch die Hauptquellen der Kieselsäure unserer Aecker. Die Phosphorsäure kommt beinahe in allen Gebirgsarten vor; sie wurde von Fownes in den Plutonischen Gebirgsarten, in Trachit, Basalt und Lava gefunden. Die Schwefelsäure des Gypses und des Alauns, das Chlor des Kochsalzes, das Fluor des Flußspaths, das Jod der Eisenerze [2]) kommen unsrer Ackererde zu Gute.

---

1) Vgl. die vortreffliche Schilderung Liebig's in seinem Werke: „Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie," 6te Auflage. Braunschweig 1846. S. 106—122. Ich nenne sie vortrefflich, weil sie den seltenen Vorzug besitzt, daß sie wirklich eine Schilderung ist.

2) Chatin, Journal de pharmacie et de chimie 1850. 3e sér. XVIII. p. 243.

Alle dieſe Baſen, Säuren und Zünder finden ſich noch in manchen anderen Gebirgsarten, und je nach ihrem Urſprung ſind ſie in wechſelnder Menge im Acker enthalten. Sie bilden das Gerüſt der Ackererde um nachher zum Gerüſt der auf ihr emporblühenden Pflanzen zu werden.

An dieſe weſentlichen und allgemein verbreiteten Stoffe reihen ſich einige andere, die entweder auf beſtimmte Orte beſchränkt ſind, oder nicht als Nahrungsſtoffe der Pflanzen angeſehen werden können. Dahin rechne ich das Kupferoxyd des Thonſchiefers, das Titanoxyd, das Forchhammer im gelben Thon in Dänemark nachwies und aus dem Titaneiſen des Granits ableitet, den Arſenik, den Walchner[1]) beſtändig in eiſenreichem Thon und Mergel, ſo wie in allen eiſenreichen Ackererden vorfand. Dieſe Beobachtungen, von zuverläſſigen Forſchern herrührend, ſind immerhin wichtig genug, um das in einzelnen Fällen erwieſene oder mögliche Vorkommen des Kupferoxyds, der Titanſäure, der Arſenſäure in organiſchen Weſen zu erklären.

Das Vorkommen der genannten Stoffe im Acker beweiſt mit letzter Entſchiedenheit, daß die Organismen alle Elemente, die ſie enthalten, ohne Ausnahme von außen entlehnen. Ich werde ſpäter nachweiſen müſſen, welche Stoffe die Pflanze wirklich dem Boden entzieht. Nie aber werden wir finden, daß ein Element in der Pflanze enthalten iſt, das ihrem Mutterboden fehlte, oder den ſonſtigen Medien, in denen ſie lebt.

Es widerſpräche dem Begriffe des Elementes und der Ewigkeit der Materie, wenn der Organismus ein Element aus einem anderen erzeugen könnte. Und es iſt die höchſte und umfaſſendſte Wahrheit, welche die phyſiologiſchen Forſchungen der letzten Jahrzehnte zu Tage förderten, daß uns kein einziger Fall dieſer Art entgegentritt. Daß kein Element in ein anderes übergehen könne — das iſt ein durch Erfahrung gefundenes Axiom, welches die Phyſiologie des Stoffwechſels zu einer der wichtigſten Grundlagen der Wiſſenſchaft erhebt, die nichts weiß von Chemikern und Phyſikern und Anatomen, ſondern von Menſchen. Es iſt die Grundanſchauung aller heutigen Weltweisheit.

---

1) Erdmann u. Marchand, Journal für prakt. Chemie, Bd. XL, S. 112.

§. 6.

Behandelt man die Ackererde mit einer verdünnten Lösung der Alkalien oder kohlensaurer Alkalisalze, dann erhält man eine mehr oder weniger dunkelbraune Flüssigkeit. Man kennt sie unter dem Namen des Humusextractes.

Wenn der braune Saft nicht allzusehr verdünnt ist, dann giebt er, mit verdünnten Mineralsäuren, mit Salzsäure, mit Schwefelsäure versetzt, einen schwarzbraunen Niederschlag. Dieser Niederschlag wurde in der älteren Wissenschaft für einfach gehalten. Er wurde stets als ein und derselbe Stoff angesehen und hieß Humussäure.

Trennt man die gefällte Humussäure von der Flüssigkeit, dann kann man aus letzterer durch essigsaures Kupfer einen neuen Körper in unlöslicher Form ausscheiden. Berzelius nannte ihn quellsatzsaures Kupfer. Er ist braungrün.

Entfernt man endlich auch diesen Niederschlag, sättigt man die übrig bleibende saure Flüssigkeit mit kohlensaurem Ammoniak, dann erhält man auf erneuten Zusatz von essigsaurem Kupfer eine neue Fällung, welche sich auch durch Alkohol in der schwach sauren Flüssigkeit gewinnen läßt. Sie ist hellgrün und wurde von Berzelius quellsaures Kupfer genannt.

Jene sogenannte Humussäure, die Quellsatzsäure und die Quellsäure sind alle drei organische Stoffe, aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehend. Hat man dieselben, ohne zu kochen und ohne die Behandlung zu lange fortzusetzen, aus dem Humus, dem organischen Theil der Ackererde, entfernt, dann bleibt ein unlöslicher Rückstand. Die älteren Forscher führen ihn als Humuskohle auf.

§. 7.

Die Humussäure ist von Malaguti, Péligot und Sprengel analysirt worden. Während aber Malaguti in derselben Wasserstoff und Sauerstoff im Wasserbildungsverhältnisse vorfand, so daß der Körper in die erste Prout'sche Klasse gehören sollte, ergab sich nach Péligot's Analyse für dieses Verhältniß zu viel, nach Sprengel zu wenig Wasserstoff.

Trotzdem hatte der Eine recht, wie der Andere. Denn, — Mulder hat es in einer seiner trefflichsten Arbeiten bewiesen, — die

Humusſäure iſt nicht einfach, oder wenigſtens ſie iſt nicht immer derſelbe Körper.

Am häufigſten hat man eine Säure vor ſich, die nach dem von Malaguti gefundenen Typus zuſammengeſetzt iſt. Mulder hat ihr nach ſeinen Analyſen die Formel $C^{40} H^{12} O^{12}$ ertheilt. Er nennt ſie Huminſäure [1]).

Viel ſeltner findet ſich eine zweite Säure, die, wie Sprengel's Humusſäure, auf den Waſſerſtoff mehr Sauerſtoff enthält, als erfordert würde, um Waſſer zu bilden. Es iſt Mulder's Geïnſäure, $C^{40} H^{12} O^{14}$.

Am allerſeltenſten begegnet man aber einer Gruppe, wie ſie Péligot vor ſich gehabt haben mag. Mulder hat nur einmal in Frieſiſchem Torf die Ulminſäure gefunden. Dieſe enthält mehr Waſſerſtoff- als Sauerſtoff-Aequivalente. Ihr Ausdruck iſt nach Mulder $C^{40} H^{14} O^{12}$.

Durch Mulder's ſchöne Unterſuchungen haben wir nicht nur die erſte gründliche Belehrung über die Humusſäure erhalten, ſondern zugleich eine befriedigende Erklärung für die abweichenden Ergebniſſe dreier zuverläſſiger Forſcher [2]).

Man würde nämlich ſehr irren, wenn man in der Dammerde überhaupt nur Einen, oder auch drei feſte und unveränderliche Stoffe annehmen wollte. Die Humusſäuren ſind Erzeugniſſe der Verweſung der verſchiedenſten organiſchen Körper [3]). Je nach der verſchiedenen Stufe der Rückbildung, auf welcher wir den in Verweſung begriffenen Stoff erhaſchen, muß auch die Säure verſchieden ſein, die man vor Mulder kurzweg als Humusſäure betrachtete. Soubeiran [4]) hat kürzlich wieder gefunden, daß der Kohlenſtoff der Humusſtoffe

---

1) G. J. Mulder, Verſuch einer allgemeinen phyſiologiſchen Chemie, überſetzt von Jac. Moleſchott, Heidelberg 1844. S. 155—188. Dieſer Abſchnitt iſt für die ganze Lehre der Humusſtoffe zu vergleichen.

2) Jac. Moleſchott, kritiſche Betrachtung von Liebig's Theorie der Pflanzenernährung. Eine von der Teyler'ſchen Geſellſchaft im Jahre 1844 gekrönte Preisſchrift. Harlem 1845. S. 19—21.

3) Siehe unten das ſechſte Buch.

4) Journal de pharm. et de chim. 3e sér. T. XVII, p. 329 et suiv. Soubeiran hat jedenfalls die vortrefflichen Unterſuchungen Mulder's nicht genauer gekannt.

wechſelt zwiſchen 52 und 57 Procent. Höher als 57 ſollte er aber nie ſteigen, während Mulder z. B. in der Ulminſäure beinahe 69 und ſelbſt im huminſauren Ammoniak 60 Procent Kohlenſtoff vorfand. Deshalb darf es uns nicht wundern, daß Mulder mit der Huminſäure eine wechſelnde Menge von 2—3 Aequivalenten Waſſer verbunden fand, obgleich der Körper immer bei derſelben Temperatur (140°C) getrocknet wurde. Findet man wegen dieſer Veränderlichkeit jene Mulder'ſchen Beobachtungen minder wichtig, ſo vergißt man, daß Veränderlichkeit das Gepräge der organiſchen Materie iſt. Wir werden nimmermehr das Werden und Vergehen der Organismen belauſchen, wenn wir es verſchmähen die leiſen Uebergänge zu beachten, welche die Rückbildung knüpfen an die Entwicklung und in ewigem Kreiſe die Neubildung an den Verfall.

Neben der Huminſäure finde ich in den Acker- und Gartenerden Heidelberg's beſtändig Quellſatzſäure und Quellſäure. Auch dieſe beiden hat Mulder der Elementaranalyſe unterworfen. Der Quellſatzſäure gehört die Formel $C^{48} H^{12} O^{24}$, der Quellſäure $C^{24} H^{12} O^{16}$.

Huminſäure, Quellſatzſäure und Quellſäure bilden in der großen Mehrzahl der Fälle die organiſchen Stoffe des Humusextracts.

Ebenſo wenig wie das Humusextract, iſt die unlösliche Humuskohle immer auf gleiche Weiſe oder einfach zuſammengeſetzt. Sie kann aus zwei Stoffen beſtehen, welche ſich durch ihre Conſtitution an die Huminſäure und Ulminſäure anſchließen. Mulder nennt ſie deshalb Humin $C^{40} H^{15} O^{15}$, und Ulmin $C^{40} H^{16} O^{14}$.

Das Humin unterſcheidet ſich von der Huminſäure nur durch einen Mehrgehalt von 3 Aequivalenten Waſſer. Zwei Aequivalente Waſſer zur Ulminſäure addirt führen zur Formel des Ulmins.

Humin. Huminſäure.
$$C^{40} H^{15} O^{15} - 3\,HO = C^{40} H^{12} O^{12};$$

Ulmin. Ulminſäure.
$$C^{40} H^{16} O^{14} - 2\,HO = C^{40} H^{14} O^{12}.$$

§. 8.

Durch den Niederſchlag, der ſich bildet, wenn man das mit Alkalien bereitete Humusextract mit Säuren verſetzt, wird bewieſen, daß die Huminſäure, die Ulminſäure und die Geinſäure in Waſſer

unlöslich oder ſchwerlöslich ſind. Nach einer älteren Angabe Sprengel's ſollte ſich ein Theil der Humusſäure bei 18°C in 2500 Theilen Waſſer löſen.

Demnach wären die Humusſäuren nicht ganz unlöslich in Waſſer. Und dies beſtätigt eine häufig wiederholte Erfahrung. So oft ich aus dem alkaliſchen Humusextract durch einen Ueberfluß von Salzſäure die Huminſäure ausfällte, lief eine immer noch deutlich braun gefärbte Flüſſigkeit durch das Filtrum. Dieſe braune Farbe rührt von gelöster Huminſäure her.

Die Huminſäure iſt alſo, auch im freien Zuſtande, nicht unlöslich, ſondern ſchwerlöslich in Waſſer. Unlöslich wird ſie erſt, wenn man ſie trocknet, ähnlich wie die Kieſelſäure.

Löslich in Waſſer ſind die Quellſatzſäure und namentlich die Quellſäure.

Alle dieſe Säuren bilden aber ſehr leicht lösliche Salze mit den Alkalien, mit Ammoniumoxyd ſo gut, wie mit Kali und Natron.

Darum wird die Flüſſigkeit dunkelbraun, wenn man Ackererde mit alkalihaltigem Waſſer anrührt.

Unter jenen Alkaliſalzen iſt das Ammoniakſalz bei weitem das wichtigſte. Die Verwandtſchaft der Humusſäuren zum Ammoniak iſt ſo ſtark, daß ſie ſich von dieſer Baſis weder durch Schwefelſäure, noch durch Natron vollſtändig trennen laſſen. Verſetzt man eine Löſung von ulminſaurem Ammoniak mit Schwefelſäure, dann wird ſaures ulminſaures Ammoniak gefällt. Ein Theil des Ammoniaks bleibt hartnäckig mit der organiſchen Säure verbunden.

Huminſaures Ammoniak fehlt der Ackererde nie.

Die Verbindungen der Humusſäuren (ich vereinige unter dieſem Namen die Humin-, die Ulmin- und die Geïnſäure) mit Erden und Metalloxyden löſen ſich im Waſſer nicht.

Dagegen können die Erden und Metalloxyde durch die Quellſäure und die Quellſatzſäure in lösliche Form übergeführt werden. Die Quellſäure ſcheint nämlich eine complexe Säure zu ſein [1]). Berzelius nennt ſie vierbaſiſch. Das heißt, die Säure bedürfe vier Aequivalente Baſis, um ein neutrales Salz zu bilden. In demſelben Sinne iſt nach Mulder's Analyſen die durch Einwirkung von

1) Siehe unten Buch IV, Kap. I. über die Pflanzenſäuren. §. 4.

Salpeterſäure auf Huminſäure entſtandene Quellſatzſäure fünfbaſiſch. In einem quellſatzſauren oder quellſauren Ammoniakſalze kann nun ein Theil des Ammoniaks durch Kalk, Bittererde oder Eiſenoxydul vertreten werden. Es kann z. B. in der Ackererde folgende Salze geben:

Quellſaures Ammoniak-Kalk-Talk-Eiſenoxydul,

$$(NH^4O + CaO + MgO + FeO) + C^{24} H^{12} O^{16};$$

Quellſatzſaures Ammoniak-Kali-Kalk-Talk-Eiſenoxydul,

$$(NH^4O + KO + CaO + MgO + FeO) + C^{48} H^{12} O^{24}.$$

Solche zuſammengeſetzte Verbindungen ſind löslich durch die Gegenwart des Ammoniaks oder des Kalis, während Salze, in welchen der ganze Gehalt der Baſis Kalk oder Eiſenoxydul iſt, vom Waſſer nicht aufgenommen werden.

Alſo giebt es in dem Humus nicht nur lösliche Salze der Alkalien, ſondern auch des Kalis, der Bittererde und der Metalloxyde, in welchen die Säure eine organiſche Verbindung darſtellt.

§. 9.

Es liegt in dem Weſen der Entwicklung der organiſchen Stoffe des Humus, daß bei der immer fortſchreitenden Verweſung der eine Körper mit Leichtigkeit in den anderen übergeht. Die Ulminſäure eröffnet die Reihe der Humusſäuren. Aus ihr wird unter gleichzeitiger Waſſerbildung durch die Aufnahme zweier Aequivalente Sauerſtoff die Huminſäure:

Ulminſäure Huminſäure.

$$C^{40} H^{14} O^{12} + O^2 = C^{40} H^{12} O^{12} + 2\ HO.$$

Eine noch höhere Oxydation verwandelt die Huminſäure in Geïnſäure:

Huminſäure. Geïnſäure.

$$C^{40} H^{12} O^{12} + O^2 = C^{40} H^{12} O^{14}.$$

Durch die oxydirende Kraft der Salpeterſäure wird die Huminſäure in quellſatzſaures Ammoniak verwandelt, ebenſo die Geïnſäure.

In der Ackererde leiſtet der verdichtete Sauerſtoff, indem er auf geïnſaures Ammoniak einwirkt, daſſelbe was wir künſtlich durch ein

ſo kräftiges Oxydationsmittel wie die Salpeterſäure erzielen. Die Zeit und die Stärke des Eingriffes ſtehen zu einander in umgekehrtem Verhältniſſe. Die ſtürmiſche Zerſetzung durch Salpeterſäure wird durch die ſchwächeren, aber anhaltenden Angriffe des im Acker eingeſchloſſenen Sauerſtoffs erreicht. Dort werden außer der Quellſatzſäure noch Ameiſenſäure und Kleeſäure, hier die noch höheren Oxydationsprodukte, Waſſer und Kohlenſäure, gebildet.

2 Aeq. Geïnſäure. Quellſatzſäure.

$$C^{80}\,H^{24}\,O^{28} + O^{72} = C^{48}\,H^{12}\,O^{24} + 32CO^2 + 12HO.$$

Aber die Wirkung des Sauerſtoffs hört nicht auf, bevor aller Kohlenſtoff und aller Waſſerſtoff der organiſchen Körper zu Kohlenſäure und Waſſer verbrannt ſind. Salpeterſäure zerſetzt die Quellſatzſäure in Quellſäure und Kohlenſäure. Der in der poröſen Ackererde verdichtete und immer neu hinzutretende Sauerſtoff vermag die gleiche Umwandlung zu bewirken:

Quellſatzſäure. Quellſäure.

$$C^{48}\,H^{12}\,O^{24} + O^{40} = C^{24}\,H^{12}\,O^{16} + 24CO^2.$$

Deshalb nimmt in einer alkaliſchen Humuslöſung die Menge der quellſauren und quellſatzſauren Salze, aber namentlich auch die Menge der kohlenſauren Salze beſtändig zu.

Jene Bildung von Kohlenſäure und Waſſer, die allerdings das Endziel der Verweſung darſtellt, erfolgt alſo nur nach vielen Zwiſchenproceſſen, deren oxydirende Bewegung man auf fünf oder ſieben verſchiedenen Ruhepunkten erſpäht hat.

Früher kannte man nur das Endziel, und hier, wie ſo oft glaubte man es werde erreicht mit der Blitzesſchnelle des Gedankens. Ein ſo hochſtehender Forſcher wie de Sauſſure hatte es ausgeſprochen: die Erde, die verweſende Holzfaſer, giebt an Kohlenſäure wieder, was ſie an Sauerſtoff verſchluckt. Das aber iſt die ſchöne Frucht des Studiums ſo vieler vermittelnder Umwandlungen, daß wir an ein ſo ſcharf abgeſchnittenes Verhältniß zwiſchen verdichtetem Sauerſtoff und entwickelter Kohlenſäure nicht mehr glauben.

Mit vollem Rechte hat Mulder es bemerkt: de Sauſſure's Ausſpruch iſt irrig, weil die Erde Huminſäure, Quellſatzſäure und Quellſäure enthält. Auch der mächtigſte Factor der Zerſetzung kann ſich nur in der Zeit bethätigen. Indem er allmälig höher und immer höher

zündet, ſtellt der Sauerſtoff die ganze Reihe von Humusſtoffen dar, deren Glieder ſich in rückſchreitender Entwicklung ablöſen.

Weil die Ackererde Alkalien enthält, vor allen Dingen weil ſie ſelbſt beſtändig Ammoniak bildet [1]), geht auch die Humuskohle nicht verloren. Humin und Ulmin liefern Huminſäure und Ulminſäure, wenn ſie unter dem Einfluſſe der Alkalien einen Theil ihres Waſſerſtoffs und Sauerſtoffs als Waſſer verlieren [2]). Aus der unlöslichen Humuskohle werden lösliche Salze der Humin- und Ulminſäure.

§. 10.

Ich habe geſagt, daß die Ackererde beſtändig Ammoniak bildet. Das iſt eine von Mulder's wichtigſten Entdeckungen, gerade darum ſo wichtig, weil es ſich mit ihr verhielt wie mit dem Ei des Columbus.

Daß alle poröſe Körper, — Kalk, Zucker, Kohle, — Ammoniak enthalten, iſt eine Thatſache, welche die Wiſſenſchaft ſchon lange beſitzt. Seitdem aber Liebig auf den Ammoniakgehalt der Atmoſphäre aufmerkſam gemacht hatte, erklärte man jene Erſcheinung gewöhnlich durch eine einfache Verdichtung in den hohlen Räumen jener Körper, ähnlich wie Platinſchwarz Sauerſtoff verdichtet.

Eine ſolche Verdichtung findet allerdings in der poröſen Ackererde ſtatt. Ammoniak iſt es aber nicht, was verdichtet wird, ſondern Stickſtoff.

Wenn ſich Ulminſäure in Huminſäure, Geïnſäure in Quellſatzſäure [3]), namentlich aber wenn ſich Holzfaſer bei der Verweſung in Humusſtoffe verwandelt, dann wird Waſſerſtoff frei. Dieſer Waſſerſtoff verbindet ſich nicht immer oder doch nicht in ſeiner ganzen Menge mit Sauerſtoff. In dem Augenblick, in welchem er frei wird, begegnet er dem in der Erde verdichteten Stickſtoff. Aus dieſem Zuſammentreffen entſteht Ammoniak.

Füllt man einige dünne Schichten reiner friſcher Eiſenfeile in eine Flaſche und läßt man zwiſchen dem Einfüllen der einzelnen

---

1) Vergl. den folgenden Paragraphen.

2) Vergl. §. 7.

3) Siehe oben S. 13 und 14.

Schichten einige Waſſertropfen in die Flaſche fließen, dann färbt ſich ein rother Streifen Lackmuspapier, den man mittelſt eines gutſchließenden Korks in dem Halſe der Flaſche befeſtigt, in einigen Tagen blau (Mulder[1]). Das iſt der Cardinalverſuch, der die Bedeutung des atmoſphäriſchen Stickſtoffs für die Vegetation dargethan hat. Dieſe einfache Beobachtung, die mir nie mißlungen iſt, beweiſt, daß auch der Stickſtoff der Luft als ſolcher zu den Elementen gehört, deren Kreislauf durch Pflanzen und Thiere alles Leben bedingt.

Das Eiſen zerſetzt das Waſſer. Indem es ſich mit dem Sauerſtoff des Waſſers verbindet, wird der Waſſerſtoff frei. Im Augenblick der Entwicklung bildet der Waſſerſtoff Ammoniak mit dem in der Eiſenfeile eingeſchloſſenen Stickſtoff. Das Ammoniak bläut das Lackmus.

$$2Fe,\ 3HO,\ N = Fe^2O^3,\ NH^3.$$

So mächtig die Humusſäuren ſich mit dem Ammoniak verbinden, ſo thätig muß dieſe Verwandtſchaft die Bildung des Ammoniaks in der Ackererde begünſtigen. Die Verwandtſchaft des Ammoniaks zur Huminſäure iſt ſtärker als die Anziehung dieſer Säure für Natron oder die des Ammoniaks für Schwefelſäure.

Humusſaure Ammoniakſalze zu bilden — das iſt die Hauptthätigkeit der Verweſung, wenn wir ſie in ihrem Verhältniß zur Ackererde betrachten.

§. 11.

Ueberall wo Sauerſtoff freien Zutritt hat zum Ammoniak und überdies ein Alkali die Entſtehung einer Säure befördert, entwickelt ſich Salpeter:

$$NH^4O,\ O^8,\ KO = KO + NO^5 + 4HO.$$

Ebenſo entſteht Salpeterſäure, wenn man aus Verbindungen, die leicht einen Theil ihres Sauerſtoffes abtreten, den Sauerſtoff frei macht, ſo daß er auf ein Ammoniakſalz einwirkt. Erhitzt man in einer Retorte ſaures chromſaures Kali oder Braunſtein mit Schwefelſäure und ſchwefelſaurem Ammoniumoxyd, dann wird neben ſchwefel-

1) Scheikundige onderzoekingen, Rotterdam 1845. Deel. II. p. 169.

saurem Chromoxyd und schwefelsaurem Kali oder neben schwefelsaurem Manganoxydul Salpetersäure gebildet. (Kuhlmann) [1]).

Der Salpeterbildung im Großen geht immer Ammoniakbildung voraus (Kuhlmann). Auf Ceylon giebt es zahlreiche Salpeterhöhlen, in denen es an jeglicher organischen Substanz gebricht, welche Ammoniak erzeugen sollte. Sie liefern einen neuen Beweis für die Entstehung des Ammoniaks aus freiwerdendem Wasserstoff, welcher verdichtetem atmosphärischem Stickstoff begegnet. Der Sauerstoff der Luft oxydirt das Ammoniak zu Salpetersäure und Wasser.

Daher sind häufig auch salpetersaure Salze, Kali- und Natronsalpeter, in der Ackererde zu finden.

§. 12.

Die Humussäuren, die Quellsäure und die Quellsatzsäure zeichnen sich, ebenso wie die Thonerde, durch eine kräftige Verwandtschaft zum Wasser aus. Sie gehören zu den ausgezeichnet hygroskopischen Stoffen.

Huminsäure, Geïnsäure, Quellsatzsäure bilden im Augenblick, in dem sie aus ihren Salzen ausgeschieden werden, wenn sie nicht mit zu vielem Wasser vermischt sind, gallertige Stoffe. Gesetzt auch jene organischen Säuren könnten im freien Zustande in der Ackererde auftreten, was wegen ihrer kräftigen Verwandtschaft zum Ammoniak und der anhaltenden Erzeugung dieser Basis gewiß höchst selten der Fall ist, so würden sie doch in den tieferen Schichten der Erde wohl nie ganz trocken, also auch schwerlich je ganz unlöslich. In diesem hydratirten Zustande äußern sie aber in jedem Augenblick ihre ganze Anziehungskraft für das Ammoniak oder andere Alkalien.

Durch diese hygroskopische Eigenschaft wird die bindende Kraft für das äußerst wichtige Ammoniak nicht wenig unterstützt. Es ist bekannt wie reichlich Ammoniak vom Wasser aufgenommen wird. Die Thonerde bindet nicht bloß das Wasser, sondern auch die organischen Säuren. Quellsatzsaure und quellsaure Thonerde sind in Wasser unlösliche Salze. So lange die Quellsatzsäure an Thonerde gebunden ist, schwemmt sie der Regen nicht fort. Aber so lange die Quellsatzsäure

1) Annales de chimie et de physique, Juin 1847. T. XX. p. 233.

oder Quellſäure unlösliche Thonerdeſalze bilden, werden ſie auch nicht zu Kohlenſäure und Waſſer verbrannt. Die Thonerde erhält alſo dieſe beiden organiſchen Säuren nicht bloß im Bereich der Wurzeln der Pflanzen, ſondern auch in ihrer eigenthümlichen Miſchung (Mulder).

§. 13.

Aus obiger Darſtellung der Entſtehung und der Stoffe des Ackers ergiebt ſich, daß die Erde kieſelſaure, ſchwefelſaure, phoſphorſaure, kohlenſaure, ſalpeterſaure Salze der Alkalien, der Erden und Metalloxyde enthält. Neben jenen Säuren beſitzt der Boden zwei Zünder, Chlor und Jod, in Verbindung mit Alkalimetallen, und einen dritten, das Fluor, an Calcium gebunden. Kali und Natron, Kalk und Talk, Thonerde, Eiſen- und Mangan-Oxyde ſind die weſentlichſten Baſen, von denen nur ſelten die eine oder die andere einem Acker ganz fehlt. Und zu allen dieſen anorganiſchen Stoffen geſellen ſich die überaus wichtigen Ammoniakſalze der Huminſäure, der Quellſäure und Quellſatzſäure, in einigen wenigen Fällen auch geinſaures, höchſt ſelten ulminſaures Ammoniak.

An genauen quantitativen Analyſen von Bodenarten, bei welchen auch die organiſchen Stoffe gehörig berückſichtigt wurden, iſt die Wiſſenſchaft keineswegs reich. Die ausführlichſten haben wir von Baumhauer zu danken. Dieſe und wenige andere ſtelle ich in folgender Tabelle zuſammen.

In hundert Theilen des trockenen Bodens.	Drei Bodenarten von der Ostküste der Provinz Nordholland („Waerd en Groetgronden"). E. H. von Baumhauer[1]).			Ein Alluvialboden von der Küste der Provinz Overyssel. E. H. von Baumhauer[2]).	Bodenarten, auf denen Flachs gewachsen war. Mayer und Brazier[3]); aus			
	I.	II.	III.		Liefland.	Kurland.	Litthauen.	Esthland.
Kali	1,026	1,430	1,521	1,707	0,501	0,324	0,547	0,373
Natron	1,972	2,069	1,937	Spuren	—	0,132	0,045	0,048
Kalk	4,092	5,096	2,480	0,581	0,375	2,654	1,376	2,808
Bittererde	0,130	0,140	0,128	0,403	0,201	0,130	0,181	0,362
Thonerde	1,364	2,576	2,410	4,192	12,819	7,988	4,387	7,765
Eisenoxydul	0,350	0,563	0,200	7,183	—	—	—	—
Eisenoxyd	9,039	10,305	11,864	—	1,808	2,377	3,190	2,021
Manganoxydul	0,288	0,354	0,284	Spuren	Spuren	Spuren	Spuren	Spuren
Chlor	1,240	1,382	1,418	0,525	—	—	—	—
Chlornatrium	—	—	—	—	0,046	0,025	0,042	0,079
Schwefelsäure	0,896	1,104	0,576	1,706	0,154	0,088	0,121	0,162
Phosphorsäure	0,466	0,324	0,478	0,525	0,140	0,054	0,081	1,160
Kieselsäure	2,340	2,496	2,286	0,291	79,342	81,500	85,094	80,568
Unlösliche kieselsaure Salze	57,646	51,706	55,372	44,430	—	—	—	—
Huminsäure	2,798	3,911	3,428	8,177	4,718	4,030	4,344	4,863
Quellsatzsäure	0,107	0,160	0,152	—				
Quellsäure	0,771	0,731	0,037	—				
Humin u. andere organ. Ueberbleibsel nebst chemisch gebundenem Wasser	8,324	7,700	9,348	29,313				
Harz	Spuren	Spuren	Spuren	—	—	—	—	—
Kohlensäure	6,085	6,940	4,775	0,065	—	—	—	—
Ammoniak	0,060	0,078	0,075	—	—	—	—	—
Verlust	1,006	0,935	1,231	0,902				

[1]) **G. J. Mulder, Scheikundige onderzoekingen. II, S. 513.**

[2]) **Ebendaselbst, S. 525.**

[3]) **Liebig und Möhler. Annalen der Chemie und Pharmacie. Bd. LXXI. S. 324. 325.**

In 100 Theilen.	Trockner Boden, auf welchem Flachs gewachsen war, aus der Gegend von Courtrai. Kane [1].		der Gegend von Antwerpen. Kane [1].		Holland. Kane [1].	Trockne Erde von Tschornoizem, am linken Wolga-Ufer. Payen [2].	Wasserhaltiger Boden von Asam in China, auf welchem der Theestrauch gebaut wird. Pibdington [3].	
	I.	II.	I.	II.			I.	II.
Kali	0,160	0,123	0,068	0,151	0,583	—	—	—
Natron	0,298	0,146	0,110	0,206	0,306	—	—	—
Kalk	0,357	0,227	0,481	0,366	3,043	0,80	—	—
Bittererde	0,202	0,153	0,140	0,142	0,105	1,22	—	—
Thonerde	2,102	1,383	0,125	0,988	5,626	11,40	9,0	4,5
Eisenoxyd	3,298	1,663	1,202	1,543	6,047	5,62	9,9	7,0
Mangan	Spuren	Spuren	Spuren	—	Spuren	—	—	—
Chlorkalium	—	—	—	—	—	1,21	—	—
Chlornatrium	0,017	0,030	0,067	0,009	0,023	—	—	—
Schwefelsäure	0,025	0,017	0,013	0,026	0,023	—	—	—
Phosphorsäure	0,121	0,152	0,064	0,193	0,159	Spuren	—	—
Schwefelsaurer und phosphorsaurer Kalk	—	—	—	—	—	—	1,0	Spuren
Kieselsäure	—	—	—	—	—	71,56	76,0 [5]	84,8 [5]
Thon	14,920	9,280	5,760	4,400	17,080	—	—	—
Sand	75,080	84,056	86,797	88,385	60,947	—	—	—
Organische Substanz	3,123	2,316	4,209	3,672	5,841	6,95 [4]	1,0	1,5
Verlust	0,297	0,400	0,025	—	0,217	1,24	3,0 Wasser	2,3

1) Liebig und Wöhler, Annalen Bd. LXXI. S. 325.
2) Göbel, Agriculturchemie. Erlangen 1850. S. 159.
3) Ebendaselbst S. 160.
4) Die organische Substanz enthielt 2,45 Procent Stickstoff, gewiß in der Form von Ammoniak.
5) Kieselsäure und Sand.

Kap. II.

Die Luft.

§. 1.

Schon früher hat eine dichterische Naturbetrachtung den Pflanzen ein ganz anderes Verhältniß zur Atmosphäre zugeschrieben, als den Thieren. Während die Luft die Thiere erfrischt, indem sie die Stoffe ihres Leibes verzehrt, erhält sie die Pflanzen, indem sie ihnen die Masse ihrer Nahrung darbietet.

Wir haben schon im ersten Kapitel gesehen, wie der Stickstoff der Luft Theil nimmt an dem Kreislauf der Elemente, durch den die Pflanzen blühen und die Thiere denken.

Darum ist es so wichtig, daß der Stickstoff beinahe drei Viertel des Umfangs der Atmosphäre ausmacht. Die Zahlen, welche der kürzlich verstorbene Gay-Lussac und Alexander von Humboldt, der einzige noch Mitlebende, der die organische Naturlehre hat begründen helfen, im Jahre 1804 verzeichnet haben, sind auch für uns noch, durch viele Untersuchungen bestätigt, der wahre Ausdruck für das Verhältniß zwischen dem Stickstoff und Sauerstoff, die unsere Atmosphäre zusammensetzen. Nach Gay-Lussac und von Humboldt schwankt die Menge des Sauerstoffs zwischen 20,9 und 21,2 Raumtheilen. Ja de Sauſſure fand als höchste Zahl nur 21,1. Das Uebrige ist Stickstoff.

Daß örtliche Erscheinungen, eine reichliche Entwickelung des einen oder des anderen Gases, wenigstens vorübergehend eine Schwankung in jenem Verhältniß des Sauerstoffs zum Stickstoff erzeugen müssen, bedarf keines auf Zahlen gestützten Beweises. So viel aber hat die Erfahrung wirklich bewiesen, daß eine solche Störung des von Gay-Lussac und von Humboldt festgestellten Verhältnisses

auf dem Feſtlande niemals[1]) bemerkbar wird, ſei es nun, daß ſie durch die Strömungen der Luft und die noch wirkſamere Diffuſion der Gaſe zu plötzlich wieder ausgeglichen werde, oder weil ſie zu klein iſt, um ſich in den Bereich der Empfindlichkeit unſrer Meßwerkzeuge zu erheben.

In einer Höhe von 21430 Fuß fanden Gay-Luſſac und von Humboldt ebenſo wie Configliachi daſſelbe Verhältniß wie in der Ebene. Die Luft über Reisfeldern von Configliachi, im Theater von Séguin, von Gay-Luſſac und von Humboldt, in Spitälern von Davy, in Schlafzimmern von Théodore de Sauſſure analyſirt, ergab immer und immer dieſelben Zahlen. Ja neulich haben zahlreiche und genaue Unterſuchungen von Laskowsky[2]) gezeigt, daß während der größten Blüthe der Cholera im Herbſte 1847 in Moskau keine Veränderung in den Mengen des Sauerſtoffs und Stickſtoffs der Luft ſtattgefunden hatte, eine Angabe, welche die früheren Beobachtungen von Julia de Fontenelle, bei der in Paris herrſchenden Cholera, beſtätigt.

§. 2.

Das letzte flüchtige Erzeugniß der Verbrennung von Oel und Holz, von Thieren und Menſchen, die Kohlenſäure, iſt der Hauptnahrungsſtoff der Pflanzen. Weil der Kohlenſtoff in ſo überwiegender Menge in der Pflanze enthalten iſt, hat man ihm ſchon lange den Namen Phytogenium beigelegt.

Bei der künſtlichen Verbrennung und der Athmung der Thiere entweicht die Kohlenſäure in die Luft. Daher findet ſie ſich beſtändig neben Stickſtoff und Sauerſtoff in der Atmoſphäre. Ihre Menge iſt jedoch ſehr gering. Denn de Sauſſure hat in 10000 Volumthei-

---

1) Die einzige mir bekannte Ausnahme iſt in Analyſen von Baumgartner enthalten, der, während die Cholera in Wien herrſchte, 20,4 Volumina Sauerſtoff als Minimum und 21,4 als Maximum vorfand. Baumgartner's Zahlen ſind in dem unten angeführten Aufſatze Laskowsky's mitgetheilt. — Ueber die Abſorption des Sauerſtoffs durch das Waſſer vergleiche unten das Kapitel über das Waſſer.

2) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXXV. S. 188.

len Luft in der Nähe von Genf einen mittleren Kohlenſäure-Gehalt von 4,15, Verver [1]) in Holland von 4,19 erhalten.

Auch die Kohlenſäure wird durch Diffuſion ſehr raſch gleichmäßig durch die Atmoſphäre vertheilt. Trotzdem hat uns de Sauſſure beträchtliche Schwankungen ihrer Menge kennen gelehrt. So enthält die Luft bei Tag im Durchſchnitt nur 3,38, bei Nacht 4,32 Volumtheile Kohlenſäure in 10000 Theilen, auf dem Lande weniger Kohlenſäure als in der Stadt, in niederen Schichten der Luft weniger als auf hohen Bergen [2]), lauter Erſcheinungen, die mit dem Pflanzenleben im Zuſammenhang ſtehen. Denn bei Tag, auf dem Lande und in der Ebene wird mehr Kohlenſäure von Pflanzen zerſetzt, als bei Nacht, in der Stadt und auf den Bergen, während in den Städten ſelbſt fortwährend reichlich Kohlenſäure entwickelt wird. Aus letzterem Grunde erklärt es ſich, warum in den Städten die Luft in der Höhe ärmer an Kohlenſäure iſt als in der Tiefe (Marchand). Die Diffuſion wirkt langſamer als der Athmungsproceß und die vielen künſtlichen Verbrennungen, die für die niederen Schichten eine nie verſiegende Quelle von Kohlenſäure darſtellen.

In allen eingeſchloſſenen Räumen kann die Menge der Kohlenſäure durch das Athmen von Thieren und Menſchen einen beträchtlichen Zuwachs erleiden. So fand Leblanc in Paris in 1000 Gewichtstheilen Luft

des Stalles der Militairſchule . . .	1	Kohlenſäure,
der Primairſchule	2	"
einer Kleinkinderſchule	3	"
eines Krankenſaals der Salpetrière .	8	"
eines Hörſaals der Sorbonne . . .	10	"
des Theaters im Parterre	23	"
der Deputirtenkammer	25	"
hoch oben im Theater am Ende der Vorſtellung	43	"

1) Bulletin des sciences physiques et naturelles en Neerlande, Utrecht 1840, p. 199.

2) Vgl. die in Erdmann's Journal Bd. LI. S. 109 mitgetheilten Beobachtungen von Hermann und Adolf Schagintweit, durch welche in den Alpen die Zunahme des Kohlenſäuregehalts der Luft auf hohen Bergen beſtätigt ward.

Uebrigens hat erſt kürzlich Laſſaigne[1]) durch Zahlen erwieſen, daß verſchloſſene Räume, in denen geathmet wird, in den unteren und oberen Luftſchichten gleich viel Kohlenſäure enthalten. Für eine gemeſſene Höhe herrſcht alſo durchaus das von Berthollet entdeckte, von Gay-Luſſac beſtätigte Diffuſionsgeſetz. Gaſe, welche keine chemiſche Wirkung auf einander ausüben, verbreiten ſich, unabhängig von ihrer Dichtigkeit, gleichmäßig durch abgeſchloſſene Räume.

Weil das Waſſer ungefähr ſein gleiches Volumen Kohlenſäure aufnehmen kann, enthält die Luft über großen Waſſerflächen weniger Kohlenſäure, als über dem trockenen Lande. So fand de Sauſſure über dem Genfer See nur 4,39, über bebauter Ackererde 4,60 Zehntauſendſtel Kohlenſäure. Aus demſelben Grunde verringern Regengüſſe den Kohlenſäuregehalt der Luft. Nach de Sauſſure wird aber durch ſchwache Regen und bei ſchwachen Winden mehr Kohlenſäure entfernt, als bei ſtarken Regen und Stürmen.

§. 3.

Viel ſchwankender als die Menge der Kohlenſäure iſt der Waſſergehalt der Luft, da die Verdunſtung des Waſſers viel größeren Veränderungen unterliegt als die Entwicklung der Kohlenſäure.

Verver fand als Mittel aus fünfzig Unterſuchungen, die er bei Gröningen vom 4ten Mai bis zum 4ten September vornahm, 8,47 Theile Waſſer in 1000 Theilen Luft[2]). Verver's höchſte Zahl war 10,18, die niederſte 5,8.

Das Waſſer der Luft nimmt zu vom Morgen bis zum Abend. In Verver's Verſuchen betrug der mittlere Waſſergehalt Morgens vor zehn Uhr 7,97, von zehn Uhr Morgens bis zwei Uhr Nachmittags 8,58, von zwei Uhr Nachmittags bis zum Abend 8,85 in 1000 Theilen.

Im Sommer und in warmen Gegenden enthält die Luft natürlich mehr Waſſerdunſt als im Winter und im Norden, über großen Waſſerflächen mehr als über trockner Erde.

---

1) Erdmann und Marchand, Journal für praktiſche Chemie, Bd. XLVI. S. 287—292.

2) Bulletin des sciences physiques et naturelles en Neerlande, Utrecht 1840, p. 196.

Obgleich Menschen und Thiere beständig Wasser ausathmen, scheint in geschlossenen Räumen durch den Athmungsproceß keine merkliche Vermehrung des Wassergehalts stattzufinden. Leblanc fand in Paris in den Schlafsälen einer Kaserne einmal 5,4, einmal 5,9 und einmal 7,4 Wasser in 1000 Gewichtstheilen Luft. Demnach muß die Luft eine geringe Neigung besitzen sich mit Wasser zu sättigen. Denn ich fand bei einer mittleren Wärme von 9° C. und einem mittleren Luftdruck von 739,3 in der von mir selber ausgeathmeten Luft einen Wassergehalt von 16,3 in 1000 Gewichtstheilen als arithmetisches Mittel aus 28 Untersuchungen [1]). Offenbar verdichtet sich in einem Schlafsaal an kalten Körpern so viel Wasserdunst, daß dadurch eine Vermehrung kaum merkbar wird.

Aus demselben Grunde enthält die Atmosphäre nie so viel Wasser, wie sie enthalten könnte, wenn sie bei ihrem gegebenen Wärmegrad und dem jedesmaligen Luftdruck mit Wasserdunst gesättigt wäre.

§. 4.

Eine mehr unmittelbare Bedeutung als das Wasser besitzt der Ammoniakgehalt der Luft für das Leben der Pflanzen. Liebig gebührt das Verdienst auf die Wichtigkeit desselben aufmerksam gemacht zu haben. Er wies das Ammoniak im Regenwasser nach, während schon früher de Sauſſure zeigte, daß eine Auflösung von schwefelsaurer Thonerde der Atmosphäre Ammoniak entzieht [2]).

Weil aber das Wasser beinahe 700 mal seinen eigenen Raum an Ammoniak aufzunehmen im Stande ist, ergiebt das Regenwasser einen verhältnißmäßig hohen Gehalt, aus dem man nur behutsam auf den Reichthum der Atmosphäre an jenem Gase schließen darf.

Trotzdem ist von Vielen und früher auch von mir Liebig mit Unrecht der Vorwurf gemacht worden, daß er, durch seine Untersuchung des Regenwassers geleitet, den Ammoniakgehalt der Atmo-

1) Jac. Moleſchott, Verſuche zur Beſtimmung des Waſſergehalts der vom Menſchen ausgeathmeten Luft, in van Deen, Donders und Moleſchott's Holländiſchen Beiträgen, Düſſeldorf und Utrecht 1848, Bd. I. S. 95.

2) Vgl. Bille in den Comptes rendus, XXXI, p. 578.

ſphäre zu hoch geſchätzt habe. Liebig nahm etwa 1,2 in 1,000,000 Gewichtstheilen Luft an.

Allerdings haben Graeger [1]) und namentlich Freſenius [2]) eine viel geringere Zahl gefunden. Kemp dagegen und vorzüglich Horsford [3]) haben gelehrt, daß der Ammoniakgehalt der Atmoſphäre in höherem Grade ſchwankt als die Kohlenſäure oder ſelbſt das Waſſer. Von den genannten Forſchern wurden für 1,000,000 Gewichtstheile Luft die folgenden Zahlen gefunden.

	3,68	Kemp.
	0,32	Graeger.
Die Tag- und Nachtluft durchſchnittlich	0,13	Freſenius.
Am 3. Juli	43,00	Horsford.
„ 9. „	46,12	„
„ 9. „	47,63	„
„ 1—20. September . .	29,74	„
„ 11. October	28,24	„
„ 14. „	25,79	„
„ 30. „	13,93	„
„ 6. November . . .	8,09	„
„ 10, 12, 13. November .	8,09	„
„ 14, 15, 16. „ .	4,71	„
„ 17. Nov. — 5. December	6,13	„
„ 20—21. December . .	6,99	„
„ 29. December . . .	1,22	„

Nach dieſen Unterſuchungen enthielten 1,000,000 Gewichtstheile Luft im Mittel 17,11 Ammoniak, und Liebig hätte demnach die Menge deſſelben ſogar bedeutend unterſchätzt. Liebig's Annahme ſtimmt mit dem von Horsford gefundenen Minimum überein.

Die bedeutenden Schwankungen erklären ſich leicht. Bei warmer Witterung muß die an Waſſerdunſt reiche Luft, ſo lange nicht Regengüſſe das Ammoniak aus ihr hinuntergewaſchen haben, eine viel beträchtlichere Ammoniakmenge enthalten, als bei kaltem oder gar

---

1) Berzelius Jahresbericht 1846, erſtes Heft, S. 72.

2) Erdmann und Marchand, Journ. für prakt. Chemie, Bd. XLVI, S. 105, 106.

3) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXXIV, S. 214.

gei regnerischem Wetter. Daher fand Horsford die Menge des Ammoniaks im Sommer beinahe doppelt so groß als im Herbst und in der feuchten Herbstluft sogar noch beinahe vierfach größer als in der kalten und meist trocknen Luft des Winters.

Der niederfallende Thau verringert Morgens den Ammoniakgehalt so gut wie sonst der Regen. Fresenius fand in der Tagluft nur 0,098, während er in der Nachtluft 0,169 nachweisen konnte. Ob, wie Fresenius vermuthet, das Pflanzenleben gleichfalls an dieser Verringerung Antheil habe, müßte noch durch Versuche erforscht werden.

§. 5.

Der Wasserstoff ist nicht nur in seinen gewöhnlichsten Verbindungen mit Sauerstoff und Stickstoff in der Atmosphäre zugegen. Bousſingault und Verver erhielten, indem sie Luft, welche von Wasser und Kohlensäure beraubt war, über glühendes Kupfer streichen ließen, eine neue bestimmbare Menge Wasser und Kohlensäure, offenbar von flüchtigen organischen Stoffen herrührend, die sich mit dem Sauerstoff der Luft verbunden hatten [1]).

Endlich findet sich in der Luft auch Schwefelwasserstoff, über dessen Ursprung kein Zweifel möglich ist. Bisher ist freilich seine Menge nicht bestimmt und vielleicht ist sie häufig zu klein, als daß sie der Wage zugänglich wäre. Daß dieser Stoff nie fehlt, das wissen die Maler am besten. Oelgemälde werden grau, weil sich das Blei der Farben mit dem Schwefel der Luft verbindet. Gold, Kupfer, Silber, wenn sie nur lange genug der Luft ausgesetzt sind, entgehen diesem Einflusse nicht. So fand man die aus Kupfer bestehende Spitze eines Blitzableiters in Paris nach mehren Jahren ganz in Schwefelkupfer umgewandelt.

Ja Vogel und Huraut haben den Beweis geliefert, daß die Pflanzen, vorzüglich die Cruciferen, einen Theil ihres Schwefels, mitunter sogar, in schwefelfreiem Boden wachsend, die ganze Menge der Luft entnehmen [2]).

---

1) Bulletin, a. a. O. p. 208.

2) Erdmann und Marchand, Journal für prakt. Chem. Bd. XXIX. S. 491.

§. 6.

Seitdem Cavendiſh durch den Verſuch gezeigt hat, daß häufig durchſchlagende electriſche Funken ein Gemenge von Stickſtoff und Sauerſtoff oder auch von Ammoniak und Sauerſtoff in Salpeterſäure verwandeln, muß es natürlich erſcheinen, daß der Gewitterregen ſalpeterſaure Salze führt.

Ich ſage: Salze. Denn das Ammoniak iſt die einzige Baſis nicht, die von der Atmoſphäre ſchwebend getragen wird. Eine große Menge von Salzen, namentlich aber Chlorverbindungen, führt der Wind mit dem verdampfenden Meerwaſſer den Pflanzen zu. Kalk und Bittererde, Natron und Kali verflüchtigen ſich in aufſteigender Ordnung immer raſcher. W. B. und R. E. Rogers fanden, daß Anthracit, bituminöſe Kohle (Braunkohle) und Lignit im gepulverten Zuſtande an kohlenſäurehaltiges Waſſer eine erkennbare Menge Kali abtreten. Nach dem Glühen ließ die Aſche jener Kohlen, auf gleiche Weiſe behandelt, bei der Prüfung mit Curcumapapier keine Spur von alkaliſcher Beimiſchung wahrnehmen. Die Alkalien hatten ſich verflüchtigt [1]).

Die Brandung des Meeres und die Stürme des Luftgürtels, der die Erde umgiebt, der Druck der Luft und die Gewalt des Feuers reißen oft mit ſo tobender Wuth den Dampf gen Himmel, daß alles ihm folgt, was im Waſſer gelöst war.

---

1) Froriep's Notizen. December 1849. S. 307 — 309.

Kap. III.

Das Waſſer.

§. 1.

So wie das Waſſer dem Aggregationszuſtande nach die Mitte hält zwiſchen Luft und Erde, ſo bildet es auch als Ernährungsquelle der Pflanzen ein Mittelglied zwiſchen dieſer und jener.

Obgleich die Gewäſſer, in welchen Pflanzen wachſen, die weſentlichen Beſtandtheile der Ackererde und der Luft gelöst enthalten, ſo ſind ſie doch niemals ſo reich wie die Atmoſphäre oder der Boden ſelbſt.

Der Reichthum des Bodens liegt aber nur in der Fähigkeit bei immer erneuter Waſſerzufuhr mehr zu bieten. Denn nur das, was gelöſt iſt, kann von den Pflanzen wirklich aufgenommen werden.

Die anorganiſchen Beſtandtheile der Gewäſſer richten ſich nach dem Boden, durch den ſie geſickert ſind, oder nach dem Grunde, der ſie trägt.

In dem Waſſer der meiſten Quellen und Flüſſe ſind kohlenſaure, ſchwefelſaure, ſalpeterſaure und kieſelſaure Salze der Alkalien, Erden und Metalloxyde, die ſich in der Ackererde finden, zugegen. Das Waſſer der Garonne enthält eine ziemlich beträchtliche Menge Manganoxyd, während im Waſſer des Rheins, der Seine, Loire, Rhone und des Doubs von Sainte-Claire Deville kein Mangan gefunden wurde[1]). Auffallend iſt es, daß in allen Flüſſen und Quellen, welche Sainte-Claire Deville unterſuchte, keine Phosphorſäure zu finden war. Auch Bergmann führt unter den Beſtandtheilen des Quellwaſſers um Upſala keine Phosphorſäure auf. Ebenſowenig Tordeux

1) Annales de chim. et de phys. 3e série T. XXIII, p. 40.

für eine Quelle bei Cambray [1]). John A. Aſhley fand dagegen Spuren dieſer ſonſt ſo wichtigen Säure im Waſſer der Themſe [2]).

Chlornatrium, Chlorcalcium und Chlormagneſium ſind in den verſchiedenſten Gewäſſern zugegen. Allein nicht bloß das Chlor, ſondern auch das Jod findet ſich im Waſſer von Flüſſen und Quellen (Chatin)[3]) und zwar in um ſo größerer Menge, je reichlicher das Eiſen in denſelben vertreten iſt. Deshalb und weil die Jodverbindung des Fluß- und Quellwaſſers ſich beim bloßen Abdampfen zerſetzt, glaubt Chatin, daß es als Jodeiſen in demſelben enthalten ſei. Alle Gewäſſer plutoniſcher Gebirgsarten ſind mehr mit Jod geſchwängert als die der neptuniſchen Gebilde. Unter den letzteren iſt das Jod vorzugsweiſe in dem Waſſer der grünen Kreide und der eiſenhaltigen Oolithe vertreten. Am wenigſten Jod beſitzen die Flüſſe, deren Bett hauptſächlich aus Kalk und Bittererde beſteht. Im Ganzen aber iſt das Flußwaſſer reicher an Jod als das Waſſer der Quellen. Die Flüſſe, die von Gletſchern verſorgt werden, wie der Rhein, die Rhone, die Garonne enthalten am wenigſten Jod, namentlich zur Zeit, wenn der meiſte Schnee ſchmilzt (Chatin).

Obgleich ſelten, ſo fehlt doch mitunter der eine oder der andere Beſtandtheil im Waſſer der Flüſſe ganz. So findet Maumené in Rheims keine Bittererde im Veſle, der zum Flußgebiet der Seine gehört [4]). Die Garonne beſitzt keine Thonerde nach der Analyſe von Sainte-Claire Deville. Häufiger werden die allgemein verbreiteten Beſtandtheile durch ſeltener auftretende vermehrt. So fand Eugène Marchand im Brunnenwaſſer bei Fécamp in der Normandie Chlorlithium und Bromnatrium [5]), Beſtandtheile, die ohne Zweifel vom Meere herrührten.

Im Flußwaſſer iſt die ganze Menge der feuerfeſten Beſtandtheile immer verhältnißmäßig klein. Phillips fand in 1000 Gewichtstheilen des Waſſers der Themſe nicht mehr als 0,26 bis 0,27 an Salzen

---

1) Vgl. meine Phyſiologie der Nahrungsmittel. Darmſtadt, 1850. S. 418.

2) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXXI, S. 360.

3) Journ. de pharm. et de chim. 3e sér. T. XVIII, p. 241—242.

4) Journ. de pharm. et de chim. 3e sér. T. XVIII, p. 244.

5) Journ. de pharm. et de chim. T. XVII, p. 356.

und Chlorverbindungen. Ja ſelbſt tauſend Theile des Brunnenwaſſers bei Fécamp enthielten nach Eugène Marchand nur 0,36 feſter Stoffe gelöſt. Nach den Unterſuchungen Sainte-Claire Deville's iſt das Waſſer der Quellen bei Beſançon, Dijon und Paris beinahe doppelt ſo reich an feuerfeſten Beſtandtheilen als das Waſſer des Rheins und Doubs, der Loire, Rhone, Garonne und Seine durch einander genommen. Für die Brunnen bei Beſançon fand derſelbe Forſcher im Durchſchnitt eine beinahe zweifach ſo hohe Ziffer wie für die Quellen.

Der Salzgehalt des Meerwaſſers übertrifft den von Flüſſen und Quellen deſto bedeutender. Wenn ich zu den älteren Beſtimmungen von Gay-Luſſac und Deſpretz die neuere Analyſe Uſiglio's[1]) für das Waſſer des Mittelmeeres hinzunehme, ſo finde ich ein arithmetiſches Mittel von 37,1 in tauſend Theilen. Demnach iſt das Meer etwa 140 Mal ſo reich an Salzen wie das Waſſer der Themſe.

Außer Chlorverbindungen und den gewöhnlichen kohlenſauren und ſchwefelſauren Salzen der Erden enthält das Meer Fluor nach Wilſon[2]), Jod und Brom an Natrium und Magneſium gebunden, nach Eugène Marchand[3]) auch Lithon, nach Malaguti, Durocher und Sarzeau Kupfer, Silber und Blei[4]).

Durch die gelöſten Salze der Huminſäure hat das Waſſer von Sümpfen und Gräben ſeine bräunliche Farbe. Die Quellſäure und Quellſatzſäure verdanken ihre Namen dem Vorkommen in Quellen. Dieſe und andere, von der Verweſung herrührende, organiſche Stoffe kommen auch in Flüſſen, Seeën und Meeren vor. John A. Aſhley fand in 100 Litern Themſe-Waſſer

6,66 Gramm unlöslicher organiſcher Materie
und 3,34 = löslicher = =[5])

§. 2.

Weil alle gewaltſame Verdampfungen und Verflüchtigungsproceſſe feuerfeſte Stoffe in die Lüfte reißen, iſt auch das Regenwaſſer

1) Erdmann und Marchand, Journal für prakt. Chemie, Bd. XLVI. S. 106.
2) Erdmann und Marchand, Journ. für prakt. Chemie, Bd. L. S. 52.
3) Journ. de pharm. et de chim. 3e sér. T. XVII, p. 358.
4) Ebendaſelbſt p. 358.
5) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXXI. S. 360.

mit Salzen und Chlorüren geſchwängert. Die ganze Menge jener Beſtandtheile beträgt indeß nach Brandes nur 0,002 in tauſend Theilen.

Die einzelnen Beſtandtheile ſtimmen, wenn man vom Jod und Brom abſieht, am nächſten mit denen des Meerwaſſers überein. Chlorkalium, Chlornatrium, Chlormagneſium und Chlorcalcium, Kohlenſäure und Schwefelſäure an Kalk und Bittererde gebunden, Ammoniak (Liebig), zum Theil frei, zum Theil als ſalpeterſaures Salz neben ſalpeterſaurem Kali im Gewitterregen ſind die regelmäßiger im Regenwaſſer vorkommenden Stoffe. Außer dieſen finden ſich ſeltener auch Eiſenoxyd und Manganoxyd im Regen (Brandes).

In der allerneueſten Zeit hat Wurtz angegeben, daß in dem Regenwaſſer eine Ammoniakart vorkommt, in welcher 1 Aeq. Waſſerſtoff durch Kupfer vertreten iſt. Wurtz nennt dieſen Stoff, dem alſo die Formel NH^2Cu beizulegen iſt, Cupramin[1]).

Früher wurden dem Schneewaſſer die Salze abgeſprochen. Nach einer neueren Arbeit von Eugène Marchand[2]) enthält das Schneewaſſer ebenfalls Chlor, Kohlenſäure, Salpeterſäure und Schwefelſäure vertheilt an Natron, Ammoniak, Kalk, Bittererde und Eiſenoxyd. Auf den Ammoniakgehalt hatte ſchon vorher Liebig aufmerkſam gemacht.

§. 3.

Alles Waſſer, das in größeren Tiefen und auf weiten Ebenen angeſammelte ſo gut wie das atmoſphäriſche, enthält Gaſe gelöſt. Indem es überall mit der Luft in Berührung iſt, nimmt es ſowohl deren Sauerſtoff und Stickſtoff, wie die Kohlenſäure auf.

Weil aber das Waſſer mehr Sauerſtoff als Stickſtoff zu löſen vermag, ſo findet man in 100 Raumtheilen Luft, die im Waſſer enthalten waren, immer mehr Sauerſtoff als dem Verhältniſſe dieſes Gaſes zum Stickſtoff in der Atmoſphäre entſpricht. Schon Gay-Luſſac und von Humboldt fanden in der Luft des Regenwaſſers 31 Procent, in der Luft der Seine 31,9 in 100 Raumtheilen, während

1) Vgl. Wurtz in den Annales de chim. et de phys. Déc. 1850, T. XXX, p. 489 und unten Buch IV, Kap. II, §. 7 über die Conſtitution der Alkaloide.

2) Journ. de pharm. et de chim. T. XVII. p. 359.

nach Morren der Sauerstoff in 100 Raumtheilen Luft des Meerwassers durchschnittlich 34,3, in der Luft des Wassers der Garonne nach Sainte-Claire Deville sogar doppelt soviel wie der Stickstoff beträgt.

Daher erklärt es sich, daß Lewy über der Nordsee die Sauerstoffmenge der Luft auf 20,41 Raumtheile gesunken fand.

Viel kräftiger als der Sauerstoff wird indeß die Kohlensäure vom Wasser verschluckt. Zur genaueren Beurtheilung der Verhältnisse der Gase in der Luft von Quellen und Flüssen, sowie des Meerwassers, theile ich in folgenden Tabellen die wichtigsten bisher gefundenen Zahlen mit.

Nach Sainte-Claire Deville.

	Garonne.	Seine.	Rhein.	Loire.	Rhone.	Doubs.
Kubik-Centimeter Gas in 10 Litern Wasser	406	321	309	220	348	435
In 100 Theilen d. Luft:						
Kohlensäure . .	41,9	50,5	24,6	8,3	22,8	39,2
Stickstoff . . .	19,5	37,4	51,4	91,7	53,0	40,0
Sauerstoff . . .	38,6	12,1	24,0		24,2	20,8

Demnach enthält die Luft der Flüsse im Durchschnitt 31,2 Kohlensäure, 40,3 Stickstoff und 29,9 Sauerstoff.

Nach Sainte-Claire Deville.

	Monil-lère[1])	Bille-cul[1]).	Arcier[1]).	Bre-gille[1]).	Suzon[2]).	Arcueil[3]).
Kubik-Centimeter Gas in 10 Litern Wasser	608	417	420	440	479	433
In 100 Theilen d. Luft:						
Kohlensäure . .	64,17	64,0	49,55	51,3	49,5	59,0
Stickstoff . .	25,29	24,2	36,43	32,3	34,8	29,4
Sauerstoff . .	10,54	11,8	14,02	16,4	15,7	11,6

Das arithmetische Mittel dieser Zahlen ergiebt für 100 Theile Luft des Quellwassers 56,25 Kohlensäure, 30,40 Stickstoff und 13,34 Sauerstoff.

---

1) Quellen in der Nähe von Besançon.

2) Eine Quelle bei Dijon.

3) Eine Quelle bei Paris.

	Quellwaſſer Henry.	Waſſer a. Quelle bei Cambray. Dordeux.	Meerwaſſer Morgens 6 Uhr. Morren.	Meerwaſſer Mittags 12 Uhr. Morren.	Meerwaſſer Abends 6 Uhr. Morren.
Luft in 100 Th. Waſſer	4,76	4,00			
In 100 Theilen Luft:					
Kohlenſäure	71,00	36,11	13	7	10
Stickſtoff	29,00	50,00	53,7	56,8	56,6
Sauerſtoff		13,88	33,3	36,2	33,4

In der Luft des Meerwaſſers ſind demnach durchſchnittlich 10 Procent Kohlenſäure, 55,7 Stickſtoff und 34,3 Sauerſtoff vorhanden.

Das Regenwaſſer enthält nach von Baumhauer im Mittel aus fünf Beſtimmungen in 1000 Gramm 6,9 Kubik-Centimeter Kohlenſäure.

In der Luft des Meeres und ruhiger ſüßer Gewäſſer, die neben den Thieren, die ſie beherbergen, zahlreiche Pflanzen enthalten, wechſelt die Menge der Kohlenſäure und des Sauerſtoffs bedeutend. Um Mittag fand Morren in der Luft des Meerwaſſers neben der höchſten Zahl für den Sauerſtoff die tiefſte für die Kohlenſäure. Es iſt offenbar, daß dies dem Einfluſſe des Lichtes zugeſchrieben werden muß. Nur im Lichte wird von den Pflanzen die Kohlenſäure zerſetzt.

Wenn es ſich allgemein beſtätigen ſollte, daß die See mehr Kohlenſäure enthält als die ſüßen Gewäſſer (Morren), ſo muß die See viel mehr Luft gelöſt enthalten als die Flüſſe. Denn in 100 Theilen Luft des Flußwaſſers iſt die Menge der Kohlenſäure beträchtlich größer als in 100 Theilen Luft des Meeres. Jedenfalls iſt der Salzgehalt, der ſonſt dem Waſſer die Aufnahme der Kohlenſäure erſchwert, kein Grund, um des Meeres größeren Reichthum an dieſem Gaſe zu bezweifeln. Denn weder das Meer, noch die Flüſſe und Quellen ſind mit Kohlenſäure geſättigt. Es würde alſo aus jener Thatſache nur folgen, daß die Thiere der ſüßen Waſſer weniger Kohlenſäure erzeugen als die Thiere des Meeres.

Je kälter das Waſſer iſt, um ſo mehr Gaſe kann es feſthalten. Daher enthält die Luft über dem Meere nach Léwy bei Tag unter

dem Einfluß der Sonnenwärme mehr Sauerſtoff und mehr Kohlenſäure als bei Nacht[1]). Im Herbſt und Winter fand Morren in der Luft des Seewaſſers 36 bis 38 Procent Sauerſtoff, wobei wahrſcheinlich überhaupt eine etwas größere Menge Luft im Waſſer vorhanden war. Weil der Sauerſtoff leichter gelöſt wird als der Stickſtoff, nimmt dieſer weniger zu als jener. Denn gewiß iſt im Winter die Erzeugung des Sauerſtoffs geringer als im Sommer, der Sauerſtoffverbrauch dagegen größer.

Demnach enthält das Waſſer die Stoffe der Luft und der Erde gelöſt. Und damit ſind die Urſachen gegeben, weshalb auch das Meer wie die Flüſſe die grünenden Bewohner der Erde beherbergen, die ihrerſeits in den Gewäſſern das Leben der Thiere erhalten.

---

1) Lévy in den Comptes Rendus, T. XXXI. p. 725, 726.

Kap. IV.

Die Nahrungsstoffe der Pflanzen.

§. 1.

Weil den Pflanzen keine Schöpfungskraft innewohnt, die sie befähigte, die Baustoffe ihres Leibes zu schaffen, weil in ihnen auch nicht die kleinste Menge von irgend einem Stoffe vorhanden ist, die nicht von außen aufgenommen wäre, deshalb können sie nicht werden oder leben außer den Medien, in welchen sie die Bestandtheile ihrer Werkzeuge vorfinden. Diese Medien sind Erde, Luft und Wasser.

Sie enthalten aber die Baustoffe der Pflanzen nicht alle in derselben Form, in welcher sie die Organe derselben zusammensetzen. Die eigenthümlichsten Verbindungen der Pflanzen, Zellstoff, Wachs und Kleber, müssen aus einfacheren Stoffen hervorgehen, die in der Luft und der Erde den Blättern und Wurzeln geboten sind.

Diese einfacheren Stoffe müssen deshalb nicht nur von der Pflanze aufgenommen werden, sie müssen sich auch in Saft und Gewebe der Pflanze verwandeln können.

Also sind die Verbindungen der Luft, der Erde und des Wassers nur dann als Nahrungsstoffe der Pflanze zu betrachten, wenn sie von dieser wirklich aufgenommen und, sofern es nöthig ist, in die Baustoffe ihres Leibes verwandelt werden.

Aufnahme und Umwandlung sind die beiden Grundbedingungen, die jeder Stoff in seinem Verhältniß zur Pflanze erfüllen muß, wenn er derselben zur Nahrung gereichen soll.

Umwandlung — sofern sie nöthig ist. Denn dadurch zeichnen sich die meisten anorganischen Bestandtheile der Ackererde aus, daß sie nur in gelöster Form der Pflanzenwurzel geboten zu werden brauchen, um unverändert Antheil zu nehmen an dem Aufbau des pflanzlichen Körpers. Wegen dieser Unveränderlichkeit sind die anorgani-

ſchen Stoffe gleichſam die Werkzeuge, die immer von neuem die durch Verweſung zerfallenen organiſchen Verbindungen zu dem organiſirten Material der Pflanze zuſammenfügen.

§. 2.

Wenn wir die Miſchung der Organismen vergleichen mit der Miſchung der Ackererde, dann fällt uns ſogleich in jenen der Reichthum an phosphorſauren Salzen auf. Phosphorſaures Kali und phosphorſaure Erden in den Samen der Getreide und den Hülſenfrüchten, phosphorſaures Natron im Blut, phosphorſaurer Kalk in den Knochen, ſie ſind in ſolcher Menge vorhanden, daß man ſich auf den erſten Blick verwundert, wenn man in den Gebirgen nur Spuren von Phosphorſäure findet.

Die Organismen ſammeln alſo die phosphorſauren Salze aus dem Acker, der ſelbſt in dem ununterbrochenen Kreislauf zwiſchen Leben und Verweſung jene Salze zu einem großen Theil den Düngſtoffen verdankt, welche früher Pflanzen und Thieren angehörten.

Wenn die Pflanze reich iſt an Phosphorſäure und arm an Schwefelſäure, während die Ackererde beide Stoffe im umgekehrten Verhältniß zu führen pflegt, ſo ergiebt ſich unmittelbar, daß die Pflanze die Fähigkeit beſitzen muß, der Ackererde den einen Stoff in größerer Menge zu entziehen als den anderen.

Seit Galilei die Torricelliſche Furcht vor dem leeren Raum überwunden und damit der willkürlichen Zweckbeſtimmung einer zur wankenden Perſönlichkeit herabgewürdigten Natur den Todesſtoß verſetzt hat, ſeitdem man weiß, daß die Pflanzen Gifte aufnehmen ſo gut wie Nahrungsſtoffe, darf von einem Wahlvermögen der Pflanze nicht die Rede ſein.

Es muß der nothwendige Grund erforſcht werden, warum die Wurzel den einen Stoff ſo viel reichlicher aufnimmt als den anderen. Dieſer Grund iſt die Verwandtſchaft der Pflanzenmembran, welche die Wurzel begrenzt, zu den gelöſten Stoffen, welche die Wurzel in der Ackererde umgeben.

Im Jahre 1748 hatte Nollet geſehen, daß, wenn eine organiſche Scheidewand verſchiedenartige Miſchungen trennt, durch die Scheidewand hindurch ein Austauſch der gelöſten Stoffe ſich ereignet. Die trennende Membran äußert ihre Verwandtſchaft zu den beider-

seitigen Flüssigkeiten, und aus der Membran zieht jede Flüssigkeit in bestimmten Verhältnissen die Stoffe der anderen an.

Dutrochet bezeichnete dieses Ein- und Austreten der Flüssigkeit, offenbar mit Rücksicht auf physiologische Vorgänge, mit den Namen der Endosmose und Exosmose.

§. 3.

Die Verwandtschaft der Membranen und aller organischer Körper überhaupt zu verschiedenen Flüssigkeiten ist sehr verschieden. Knorpel, Sehnen, gelbe Bänder, die Hornhaut, ein Stück der Ochsenblase, Schweinsblase tränken sich mit Wasser, mit Salzwasser und mit Oel. Wägende Versuche von Chevreul und Liebig haben aber bewiesen, daß alle jene Theile ungleich mehr vom Wasser als vom Salzwasser und eine viel größere Menge vom Salzwasser als vom Oele auffaugen [1]).

Wenn die Verwandtschaft der Scheidewand zwischen zwei Flüssigkeiten den ersten Anstoß giebt zur Erscheinung der Endosmose, so versteht es sich von selbst, daß die Art der Scheidewand sowohl wie die der beiderseitigen Mischungen auf das Maaß und die Richtung der Endosmose den größten Einfluß üben muß. Legt man mit Oel gesättigte Sehnen, Bänder, Blasen in Wasser, dann tritt das Oel aus und es wird statt dessen so viel Wasser aufgenommen, als wenn vorher keine Berührung mit Oel stattgefunden hätte (Chevreul, Liebig). Eine dünne Kautschuckplatte läßt zwischen Wasser und wässerigen Lösungen keine Endosmose eintreten; Wasser und Weingeist oder Weingeist und alkoholische Lösungen vermischen sich mit einander trotz der trennenden Membran [2]). Aber auch die Richtung des Stroms steht unter dem Einfluß der Scheidewand. Umschließt man eine mit Alkohol gefüllte Röhre mit einer Blase und hängt man diese Röhre in ein Gefäß mit reinem Wasser, dann wächst der Raum,

---

1) Chevreul, Annales de chimie et de physique. Tome XIX. (1821) p. 51—53, und Liebig, Untersuchungen über einige Ursachen der Säftebewegung, Braunschweig 1848, S. 8 u. 9.

2) Vierordt, Artikel Transsudation und Exosmose in Rudolf Wagner's Handwörterbuch der Physiologie, Bd. III, S. 638.

den die Flüssigkeit in der Röhre einnimmt; verschließt man dagegen dieselbe Röhre mit Kautschuck, dann wächst das Wasser im Gefäße.

Neben der Verwandtschaft der Membran zu den von ihr getrennten Flüssigkeiten wirkt die gegenseitige Anziehung dieser Flüssigkeiten selbst. Die Endosmose richtet sich also zweitens nach der Beschaffenheit der Flüssigkeiten. Das wußten schon Fischer und Dutrochet. Nach Fischer ist die Endosmose für Eisencyankalium z. B. schwächer als für Kochsalz, und Dutrochet, so wenig Vertrauen seine Messungen verdienen, hat doch so viel gezeigt, daß für Zucker die Endosmose eine andere ist als für Eiweiß, für Leim anders als für Gummi. Ein interessantes Beispiel für diese Wahrheit wurde im Jahre 1846 von Donders und mir beobachtet [1]). Wir mischten Blutkörperchen von einem und demselben Vorrath geschlagenen Ochsenbluts mit gleich dichten Lösungen von Chlornatrium, Chlorkalium, dreibasisch phosphorsaurem Natron, kohlensaurem Natron, salpetersaurem Kali, gewöhnlich phosphorsaurem Natron, schwefelsaurem Kali und schwefelsaurem Natron. In den Chlorüren waren die Körperchen am schwächsten gerunzelt, von da an in der hier mitgetheilten Reihenfolge der Stoffe immer mehr, im schwefelsauren Kali am stärksten. Also trat für je Einen Gewichtstheil schwefelsaures Natron am meisten, für je Einen Gewichtstheil Kochsalz am wenigsten Wasser aus den Blutkörperchen aus. Seitdem wurde der unabhängig von der Dichtigkeit waltende Einfluß verschiedenartiger Stoffe auch von Jolly [2]) und Ludwig [3]) bestätigt.

Wirkt aber die Eigenschaft der Stoffe unabhängig von der Dichtigkeit, so wirkt die Dichtigkeit auch unabhängig von der Art der Mischungen. Auch dies wurde bereits von Fischer, Magnus und Dutrochet beobachtet. Hat man bei 10° C. auf der einen Seite der Membran verdünnte Schwefelsäure (von 1,093 spec. Gew.), auf der anderen Seite Wasser, dann vergrößert sich der Raum, den die

---

1) Donders und Moleschott, Untersuchungen über die Blutkörperchen in van Deen, Donder und Moleschott, Holländischen Beiträgen, Bd. I, S. 376, 377.

2) Henle und Pfeufer, Zeitschrift für rationelle Medicin, 1848, Bd. VII, S. 115 und 116.

3) Ebendaselbst 1849, Bd. VIII, S. 9 und 10.

Schwefelſäure einnimmt. Iſt das ſpecifiſche Gewicht der Schwefelſäure 1,054, dann vergrößert ſich der Raum des Waſſers. Eine Weinſäurelöſung von 11 Procent kryſtalliſirter Säure erleidet mit Waſſer keine Veränderung der eingenommenen Raumtheile. Sind mehr als 11 Proc. Weinſäure in der Miſchung gelöſt, dann vergrößert ſich der Raum der Säure, während ſich dieſer verringert, wenn die Löſung unter 11 Procent enthielt [1]). Für dieſelben Stoffe entſpricht das Maaß der Endosmoſe der Dichtigkeit der Löſungen.

Bei verſchiedenen Stoffen dagegen äußert ſich die Dichtigkeit nicht immer in derſelben Richtung. Während durch eine Blaſe der Strom des Waſſers zum dichteren Salzwaſſer der ſtärkere iſt, fließt umgekehrt auch das dichtere Waſſer ſtärker zum dünneren Alkohol.

In den meiſten Fällen aber wächſt der Raum der dichteren Miſchung, während die dünnere Flüſſigkeit ſich vermindert.

§. 4.

Im Beſitze dieſer Thatſachen haben verſchiedene Forſcher ſich bemüht die endosmotiſchen Wirkungen zu meſſen. Mit ganz befriedigendem Erfolg nur Jolly, der Dutrochet's Meſſungen des Raums mit Gewichtsbeſtimmungen vertauſchte. Und das iſt Jolly's eigentlichſtes Verdienſt um die Lehre der Endosmoſe. Dutrochet maß in einer graduirten Röhre, die mit Blaſe zugebunden war, das Steigen und Fallen der Flüſſigkeitſäule. Jolly [2]) hat ſehr richtig bemerkt, daß dabei nur Unterſchiede der Strömungen, nicht die Strömungen ſelbſt gemeſſen werden, indem die Höhe der Flüſſigkeitſäule für gleiche und entgegengeſetzte Ströme keine Aenderung erleiden würde. Treten aber ſolche Veränderungen ein, ſo wird die Höhe der Flüſſigkeitſäule verſchieden ausfallen, je nach der Verſuchsdauer, nach welcher man die Höhe mißt.

Deshalb hat Jolly, indem er den einfachſten Fall ſetzte, daß deſtillirtes Waſſer auf der einen Seite und Löſungen Einer Verbindung auf der anderen Seite der trennenden Membran gegeben waren, durch die Wage zu beſtimmen geſucht, wie viel Gewichtstheile Waſ-

1) Liebig, a. a. O. S. 52.

2) A. a. O. S. 87, 88.

ser von der einen Seite für je Einen Gewichtstheil des gelösten Stoffs von der anderen Seite durch die Membran hindurchgehen. Es ist eine wesentliche Erleichterung des Ausdrucks, daß Jolly die Anzahl jener Gewichtstheile Wasser im Verhältniß zu je Einem Gewichtstheil des auf der anderen Seite gelösten Stoffs mit dem Namen des endosmotischen Aequivalents belegte [1]). Auf diese Weise fand Jolly für mehre Stoffe folgende endosmotische Aequivalente:

Für Kali-Hydrat . . .	215,74	als Mittel	aus	2	Beobachtungen.
„ Schwefelsäure-Hydrat	0,35	„ „	„	2	„
„ Kochsalz	4,18	„ „	„	6	„
„ schwefelsaures Natron	11,63	„ „	„	5	„
„ schwefelsaures Kali .	11,94	„ „	„	3	„
„ schwefelsaure Bittererde	11,60	„ „	„	2	„
„ schwefelsaur. Kupferoxyd	9,56	nach 1 Beobachtung.			
„ saures schwefelsaur. Kali	2,34	„ 1	„		
„ Alkohol	4,15	als Mittel	aus	3	Beobachtungen.
„ Zucker	7,15	„ „	„	2	„
„ Gummi	11,79	(?Jolly) nach	1	Beobachtung.	

Aus diesen Zahlen ergiebt sich, daß die Alkalien das größte, die Säuren das kleinste endosmotische Aequivalent besitzen. Und während Kochsalz und Alkohol, namentlich aber die sauren Salze den Säuren sich nähern, stehen andere indifferente organische Stoffe, wie Zucker und Gummi, neben den neutralen Salzen mehr in der Mitte.

Jene Ergebnisse Jolly's, verglichen mit den von Donders und mir selber gemachten Beobachtungen über das Verhalten der Blutkörperchen zu verschiedenen anorganischen Stoffen, führen zu der nicht unwichtigen Folgerung, daß für Kochsalz und schwefelsaure Salze die Schweinsblase und die Membran der Blutkörperchen des Ochses mit einander übereinstimmen. Wir fanden, daß für das Kochsalz am wenigsten, für die schwefelsauren Salze der Alkalien am meisten Wasser aus den Blutkörperchen austrat. Dies entspricht ganz den von Jolly gefundenen endosmotischen Aequivalenten. Die unfehlbare Wage bestätigt demnach die allerdings minder zuverlässigen Wahrnehmungen unter dem Mikroskope. Man wird hiernach aus

1) A. a. O. S. 114.

der von Donders und mir [1]) gelieferten Skala schließen dürfen, daß das endosmotische Aequivalent des Chlorkaliums dem des Chlornatriums sehr nahe steht, während die Aequivalente des phosphorsauren und kohlensauren Natrons und des salpetersauren Kalis zwischen denen der Chlorüre und denen der schwefelsauren Alkalien in der Mitte liegen.

§. 5.

Indem Jolly ziemlich bedeutende Unterschiede in den Beobachtungen vernachlässigte, glaubte er gefunden zu haben, daß „die Menge der in einer Zeiteinheit übertretenden Stoffe, unter sonst gleichen Verhältnissen, der Dichtigkeit der Lösung proportional sei." Und zwar sollte dies wahr sein, gleichviel bei welchem Dichtigkeitsgrade der Mischung, die mit dem destillirten Wasser in Wechselwirkung tritt, der Versuch begonnen würde.

Von diesem Satze ausgehend entwickelte Jolly [2]) eine mathematische Formel, nach welcher durch Rechnung die Zeit bestimmt werden könnte, welche erforderlich ist, damit eine gegebene Menge eines Stoffes, dessen endosmotisches Aequivalent bestimmt ist, durch eine Membran hindurchtrete. Und weil sich hier Rechnung und Beobachtung zu decken schienen, so schloß Jolly rückwärts, daß jener Satz ein Gesetz sei.

Ludwig hat durch eine gründliche Experimentalarbeit [3]), bei gehöriger Veränderung der Bedingungen, unter denen die Versuche angestellt wurden, die wichtigste Voraussetzung Jolly's widerlegt. Das endosmotische Aequivalent bleibt sich nicht gleich, wenn die Versuche bei gehörig verschiedener Dichtigkeit der Lösung eingeleitet werden. Ludwig erklärt diese Erscheinung dadurch, daß sich die Verwandtschaft der Membran nach der Dichtigkeit der Salzlösungen verschieden gestaltet. Je weniger Salz in der Mischung gelöst ist, desto geringer ist auch die Salzmenge in der Membran, und desto leichter folgt das Wasser den Anziehungen der organischen Substanz.

---

1) A. a. O. S. 376 vergl. oben S. 39.

2) A. a. O. S. 123.

3) A. a. O. S. 9, 10, 22, 24.

Durch diese Veränderung der chemischen Bedingungen ändert sich aber die physikalische Beschaffenheit, zunächst der Elasticitätscoëfficient der Scheidewand. Mit dem Elasticitätscoëfficienten ändert sich zugleich die absolute Menge der in die Membran eintretenden Flüssigkeit. Dann aber wird natürlich das Verhältniß der Salzwasser- und der Wasserflächen, die an der Oberfläche der Membran thätig sind, ein anderes. Darum also sind die endosmotischen Aequivalente veränderliche Größen, abhängig von der Dichtigkeit der Mischung, bei welcher der Versuch begonnen wurde.

Ludwig hat die vorausgesetzte Richtigkeit der Jolly'schen Formel vernichtet und damit auch ihre Eleganz — wenn anders Eleganz im mathematischen Sinne mehr bedeuten kann als bündige Wahrheit. Zu den „gleichen Verhältnissen," die Jolly's Satz erforderte, gehörte auch die Unveränderlichkeit der Membran. Hätte diese wirklich stattgefunden, d. h. also hätte eine und dieselbe, und zwar eine unveränderliche Membran dieselben Stoffe bei gleichen Wärmegraden, kurz unter lauter gleichen Bedingungen getrennt, dann hätte bloß die Dichtigkeit der Lösung die Menge der in einer Zeiteinheit übertretenden Stoffe bestimmt. Und deshalb konnte man von vorne herein dem Satze Jolly's die Bedeutung eines Gesetzes absprechen. Eine Naturerscheinung, die unter lauter gleichen Bedingungen beobachtet wird, führt zu keinem Gesetze, sie führt zu einer Thatsache. Wäre die Membran unveränderlich, dann wären bei gleichem Wärmegrade die endosmotischen Aequivalente heute wahr, wie morgen, ganz so wie das Einmaleins. Kurz, Jolly's Satz verstände sich von selbst.

Nun wissen wir aber durch Ludwig, daß die Membran veränderlich ist. Diese veränderte Bedingung ändert sogleich die endosmotischen Aequivalente [1]). Und deshalb ist das von Jolly aufgestellte Gesetz falsch — ein Irrthum, der vermieden worden wäre, wenn Jolly eben bei gehörig veränderten Bedingungen experimentirt hätte.

Demnach sind die bisher gefundenen endosmotischen Aequivalente empirische Größen, die uns bei der von Jolly berichtigten Messung sehr willkommen sein müssen. Wir wissen, daß diese empiri-

1) Vergl. Ludwig's Zahlen, a. a. O. S. 5—9.

schen Größen von der Dichtigkeit der Lösung überhaupt und in jedem einzelnen Falle wieder von der Dichtigkeit der Lösung beim Beginne des Versuchs abhängig sind. Von einem Gesetze, nach welchem sich mit Hülfe des endosmotischen Aequivalents die Menge der in einer Zeiteinheit übergehenden Stoffe bestimmen ließe, sind wir weit entfernt. Und ich halte es für Pflicht dies mit Nachdruck zu betonen, weil das Bedürfniß nach mathematischer Schärfe die Physiologen gar zu leicht verführt, schon dort Gesetze erblicken zu wollen, wo für die erste Zeit nur dankenswerthe Beobachtungen vorliegen.

§. 6.

Wenn durch eine Blase zwei gleich dichte Lösungen von Zucker und Mimosengummi getrennt werden, dann nimmt das specifische Gewicht des Zuckerwassers ab (Jerichau). Das heißt also, es geht trotz der gleichen Dichtigkeit mehr Zucker zum Gummiwasser als Gummi zum Zuckerwasser.

Brücke, dem die Theorie der Endosmose so viel verdankt, folgert hieraus, daß die Anziehungen der beiden Flüssigkeiten nicht statt finden zwischen Lösung und Lösung, sondern zwischen dem Wasser und gelösten Stoffen. Wir werden aber aus jener Beobachtung nichts schließen können, als daß der Zucker unter jenen Umständen ein grösseres endosmotisches Aequivalent besitzt als Mimosengummi.

Brücke hat dagegen einen anderen Versuch angestellt, der die Möglichkeit der Anziehung einer Flüssigkeit diesseits zu einem gelösten Stoffe jenseits der Membran darthut. Er brachte auf die eine Seite der Scheidewand Oel, auf die andere eine wässerige Salzlösung und fand nun, daß ein Theil des Salzes zum Oel hinübergehe, während doch Oel und Wasser sich nicht mit einander vermischen.

Aber auch nur die Möglichkeit einer solchen Anziehung wird hierdurch erwiesen. Die Nothwendigkeit einer Anziehung zwischen einem Lösungsmittel und einem gelösten Stoff hat Liebig schlagend widerlegt. Er trennte eine Kochsalzlösung von reinem Wasser, und sah ein Mal wie für 1 Aequivalent Kochsalz 15 Aeq. Wasser, das andere Mal sogar nur etwas mehr als 13 Aeq. Wasser ausgetauscht wurden. Also müßten sich nach Brücke's Voraussetzung im einen Falle 15, im anderen 13 Aequivalente Wasser an 1 Aeq. Kochsalz vorbei be-

wegt haben, was aus dem einfachen Grunde nicht möglich ist, weil 1 Aequivalent Kochsalz 18 Aeq. Wasser zu seiner Lösung bedarf [1]).

§. 7.

Unter den Theorien der Endosmose, welche die Capillarität der Scheidewand gehörig berücksichtigen, hat die von Brücke [2]) durch einige neuere Versuche Ludwig's eine wesentliche Unterstützung gewonnen.

Brücke und unabhängig von diesem Buys Ballot [3]) denken sich die Poren der trennenden Membran als hohle Cylinder, die sich von der einen Fläche der Membran bis zur anderen erstrecken. Ist auf der einen Seite der Scheidewand Wasser, auf der anderen Salzwasser gegeben, dann vertheilen sich diese Flüssigkeiten in jedem capillairen Cylinder der Membran so, daß in der Mitte eine Schichte Salzwasser und, wegen der stärkeren Anziehung des organischen Stoffs zum Wasser, an der Wandung eine Wasserschichte vorhanden ist. Jede salzige Mittelschichte ist demnach von einer wässerigen Wandschicht umgeben. Das mittlere Salzwasser wird von dem Wasser auf der einen Seite der Membran angezogen. Auf der anderen Seite der Scheidewand zieht das Salzwasser die aus Wasser bestehenden Wandschichten der Blase an. Durch die wässerige Wandschicht würde eigentlich der ganze Cylinder dem Salzwasser außerhalb der Membran zugeführt, wenn nicht die in der Mitte befindlichen Salztheilchen durch die Anziehung des Wassers auf der anderen Seite der Membran eine gewisse Schnelligkeit der Bewegung in entgegengesetzter Richtung erhielten. Buys Ballot vergleicht die Salztheilchen sehr hübsch mit einem Schiffe, das in Folge chemischer Verwandtschaft in einem Fluß stromaufwärts fährt. Das abwärts strömende Wasser des Flusses nimmt das Schiff unabläßig in seiner eigenen Richtung mit sich fort. Dieses kann also nur dann die höheren Theile des Flusses

---

1) Liebig, a. a. O. S. 43.

2) De diffusione humorum per septa mortua et viva, Berlin 1842, und Poggendorf's Annalen, Bd. LVIII.

3) Donders, Ellerman en Jansen, Nederlandsch lancet, 2e serie, IV, p. 382—385.

erreichen, wenn seine dem Wasser entgegengesetzte Bewegung schneller ist, als die Bewegung des Wassers im Verhältniß zu den Ufern.

Wenn die Brücke'sche Theorie richtig ist, d. h. also wenn die Cylinder in der Blase Flüssigkeiten von verschiedener Dichtigkeit enthalten, so kann eine Membran, die man mit einer Lösung sich tränken läßt, vielleicht eine Flüssigkeit aufnehmen, die verdünnter ist als die ursprüngliche Lösung selbst. Die Mittelschichten können dann der ursprünglichen Lösung an Dichtigkeit gleichstehen, während die Wandschichten verdünnt sind.

Es ist das Verdienst Ludwig's, diese aus Brücke's Ansicht mit großer Wahrscheinlichkeit [1]) hervorgehende Folgerung durch wägende Versuche mit der Harnblase des Schweins und der elastischen Haut der Aorta des Ochses, in ihrem Verhalten zu Glaubersalz und Kochsalz bestätigt zu haben [2]). So fand er z. B., während die Flüssigkeit, mit der er die Harnblase sich tränken ließ, 7,2 Procent schwefelsauren Natrons enthielt, nur 4,4 Procent des Salzes in der Flüssigkeit der Blase. Die elastische Haut der Aorta nahm aus einer Kochsalzlösung von 19,8 Procent nur eine Flüssigkeit auf, die als Mittel dreier Versuche 16,8 Kochsalz enthielt.

Dies führte Ludwig zu folgendem sinnigem Versuch. Legt man ein Stück wohlausgewaschener und lufttrockener Blase in eine gut verschlossene Flasche, welche eine kalte gesättigte Lösung chemisch reinen Kochsalzes enthält, dann entsteht in kurzer Zeit eine bedeutende Krystallisation des Kochsalzes, weil die Blase der Lösung eine entsprechende Menge Wasser entzieht. Die Blase wirkt wie sonst die Wärme beim Verdunsten.

Sind aber wirklich, der Brücke'schen Erklärung gemäß, zweierlei Schichten in den Poren der Blase zugegen, so muß man zweitens eine dichtere und eine dünnere Flüssigkeit in der Blase wirklich nachweisen können. Auch dies ist Ludwig gelungen. Durch eine Fil-

---

1) Ich sage: mit großer Wahrscheinlichkeit. Denn möglich wäre es die Blase nähme eine gleich dichte Lösung auf. Dann würden nach Brücke's Voraussetzung die Wandschlichten allerdings verdünntere, die Mittelschichten aber um so dichtere Lösungen darstellen. Für Kochsalz und Glaubersalz entscheidet die Erfahrung zu Gunsten Ludwig's.

2) Ludwig a. a. O. S. 17—19.

tration unter Druck oder auch durch das Auspressen mit Salzlösungen getränkter Membranstücke erhielt Ludwig[1]) in der ausgepreßten Flüssigkeit die gleiche Menge Salz wie in der ursprünglich angewandten Lösung. Hält man dies damit zusammen, daß die ganze Membran eine verdünntere Lösung enthält, so ist die Annahme von zweierlei Lösungen verschiedener Dichtigkeit in der Membran allerdings außer Frage gestellt.

§. 8.

Bei gleichen Verwandtschaften der Membran und der Flüssigkeiten entspricht die Stärke der Endosmose dem Flächeninhalt der Membran.

Eine größere Dicke der Scheidewand wirkt hemmend auf die endosmotische Bewegung (Dutrochet). Darum zieht man bei Versuchen die dünnere Schweinsblase, die sich länger hält als Kalbsblase, der dickeren Rindsblase vor.

Die Einflüsse des Wärmegrades auf die Endosmose suchte bereits Dutrochet zu messen. Wegen der Bedenken, die Jolly gegen jene Messungen vorgebracht hat, verdient Dutrochet's Behauptung, die endosmotische Bewegung werde beschleunigt durch erhöhte Wärmegrade, kein Vertrauen.

Jolly erlaubt sich aus seinen Versuchen über die Wirkung der Wärme keinen anderen Schluß, als daß eine Erhöhung der Temperatur bei einigen Stoffen eine Zunahme, bei anderen eine Verminderung des endosmotischen Aequivalents hervorbringt[2]). Das Aequivalent des Glaubersalzes nimmt mit der Temperatur zu, während es nach vielen Versuchen Jolly's wahrscheinlich wird, daß Kochsalz zu den seltneren Stoffen gehört, deren Aequivalent sich vermindert, wenn der Wärmegrad wächst[3]).

---

1) A. a. O. S. 21, 22.

2) A. a. O. S. 138.

3) Weil die Richtung und das Maaß, in welchen der Einfluß der Wärme sich äußert, nicht hinlänglich erforscht sind, habe ich oben (S. 41) bei der Mittheilung der mittleren endosmotischen Aequivalente die Wärmegrade, für welche sie gefunden sind, außer Acht gelassen.

Mit dem Druck der Flüſſigkeit auf die Membran gewinnt die Endosmoſe an Kraft. Valentin ſah durch die Membran um ſo mehr Eiweiß zum Waſſer gehen, je höher die Säule der Eiweißlöſung auf der Scheidewand laſtete.

Was der Druck hier zu leiſten vermag, das wird in allen phyſiologiſchen Proceſſen in ergiebigſter Weiſe durch die Verdunſtung bewirkt. Stellt man eine oben umgebogene und an ihren beiden Enden mit Blaſe zugebundene Röhre mit ihrem längeren Schenkel in ein Gefäß mit Salzwaſſer, das durch Indigo blau gefärbt iſt, während die Röhre ſelbſt reines Waſſer enthält, dann wird das Waſſer in der Röhre in wenig Stunden blau gefärbt. Das reine Waſſer verdunſtet durch die Blaſe und der Luftdruck hebt das blaue Salzwaſſer in die Röhre (Liebig).

Liebig hat mit ſeiner ganz eigenthümlich anregenden Gabe der Darſtellung dieſen durch Hales klaſſiſche Verſuche bekannten Einfluß der Verdunſtung auf das Steigen des Saftes in den Pflanzen erörtert [1]). Er hat mit überraſchender Fruchtbarkeit dieſer Wirkung der Verdunſtung für die Pflanzenphyſiologie eine für immer unvergeßliche Bedeutung abgewonnen, auf die ich hier nur hinweiſen kann, damit man nicht etwa der Endosmoſe allein zuſchreibe, was nur die Verdunſtung oder der mittelbar erhöhte Druck im Bunde mit der Endosmoſe hervorzubringen im Stande iſt.

§. 9.

Denkt man ſich eine Membran mit einer Flüſſigkeit getränkt und die Verwandtſchaft dieſer mit Flüſſigkeit getränkten Membran ſo wie der in ihren Poren enthaltenen Löſung zu der andererſeits vorhandenen Flüſſigkeit gleich Null, dann wird ſich keine Endosmoſe ereignen.

Iſt die Scheidewand mit einer Flüſſigkeit getränkt, die ſich nicht miſchen läßt mit den auf beiden Seiten der Membran vorhandenen Stoffen, dann fehlt ebenfalls die endosmotiſche Bewegung (Kürſchner).

---

1) Liebig, Unterſuchungen über einige Urſachen der Säftebewegung, S. 60 — 80.

Deshalb und weil es sich denken ließe, daß aus irgend einer die Wurzel umgebenden Mischung wohl Wasser, aber kein anderer Stoff in die Wurzel einträte, während die Endosmose gelöster Körper nur durch die Wurzel nach außen ginge, läßt sich nicht ohne Weiteres annehmen, daß jeder in dem Acker oder dem Wasser gelöste Stoff auch wirklich in die Wurzel eindringt.

Hieraus ergiebt sich die Nothwendigkeit für die einzelnen Bestandtheile der Ackererde nachzuweisen, daß sie mit Hülfe der Verdunstung von Blättern, Stengel und Stamm in der That durch endosmotische Bewegung in die Pflanzenwurzel übergehen.

Denn dies ist die erste Bedingung, die sie erfüllen müssen, damit wir sie als Nahrungsmittel der Pflanzen ansehen dürfen.

§. 10.

Für folgende anorganische Bestandtheile der Ackererde ist der Nachweis, daß sie in die Pflanzenwurzel eindringen, durch unmittelbare Versuche geliefert: für schwefelsaures Kali von Trinchinetti, für salpetersaures Kali und Jodkalium von Trinchinetti und Vogel. Der letztgenannte Forscher sah Chlornatrium, Trinchinetti Salmiak, Kalkwasser und salpetersauren Kalk in die Pflanze übergehen. Chlormagnesium (Vogel), schwefelsaure Bittererde (Trinchinetti und Vogel), Alaun (Trinchinetti), Eisensalze (Verver), schwefelsaures Manganoxydul (Vogel) reihen sich an die aufgezählten Stoffe.

Ja außer den genannten Verbindungen sahen Vogel, Trinchinetti und Verver auch schwefelsaures Kupfer, Trinchinetti Chlorbaryum, Trinchinetti und Vogel schwefelsaures Zinkoxyd und essigsaures Blei, Vogel sogar salpetersaure Salze von Nickel, Kobalt, Silber und Quecksilber und Sublimat von der Pflanze aufnehmen. Alle diese Stoffe wirken, wenn sie in irgend größerer Menge in die Pflanze übergegangen sind, als Gifte, viele offenbar weil sie das lösliche Eiweiß des Pflanzensaftes gerinnen machen und dadurch der Säftebewegung, jener unerläßlichen Bedingung des Lebens, ein Ziel setzen.

Wir werden uns nach jenen Versuchen nicht wundern, wenn wir später finden werden, daß Kupfer Blei und Silber in Seetangen, ja das Kupfer sogar im Weizen vorkommt. Denn wir sahen früher,

daß Kupfer bisweilen in der Ackererde zugegen iſt, während Silber im Meerwaſſer nachgewieſen wurde.

Den Kupfer-, Queckſilber- und Silberſalzen wird in der Pflanze ein Theil ihres Sauerſtoffs entzogen. Die ſalpeterſauren Salze der beiden letztgenannten Stoffe werden nach Vogel ſogar zu Metallen reducirt. Ebenſo verwandelt ſich Sublimat theilweiſe in Calomel [1]).

Wir begegnen hier zum erſten Mal einer im Pflanzenreich weit verbreiteten Neigung, auf welche ſich zwar keine ganz allgemein gültige, aber doch eine vielfach durchgreifende Unterſcheidung des pflanzlichen Stoffwechſels vom thieriſchen gründen läßt, nämlich der Neigung zur Desoxydation. In Bezug auf den Sauerſtoff kann man die Macht des thieriſchen Lebens meſſen nach dem Verbrauch, die Macht des pflanzlichen Lebens nach der Entwicklung.

In den erſten Anfängen der Organiſation muß die Materie einen Theil ihres Sauerſtoffs verlieren.

§. 11.

Wenn wir die obige Reihe der anorganiſchen Stoffe, welche man durch den Verſuch der Pflanze hat zuführen können, aufmerkſam durchgehen, dann vermiſſen wir von allen weſentlichen anorganiſchen Beſtandtheilen der Ackererde nur die Kieſelſäure, die Phosphorſäure und die Kohlenſäure, von den Zündern nur das Fluor.

Verſuche, die den Uebergang von Kieſelſäure oder von Fluorcalcium in die Wurzel beweiſen könnten, ſind nicht bekannt. Die Möglichkeit des Uebergangs ſteht aber feſt. Denn von der Kieſelſäure weiß man, daß ſie in der Form eines löslichen Kaliſalzes in der Ackererde vorkommt, und Georg Wilſon hat gezeigt, daß Waſſer von 15°C im Stande iſt $\frac{1}{10645}$ ſeines Gewichtes an Fluorcalcium gelöst zu erhalten. Mit dem Wärmegrade ſteigt auch die Menge, die das Waſſer zu löſen vermag [2]).

---

1) Mulder, Verſuch einer allgemeinen phyſiologiſchen Chemie, überſetzt von Jac. Moleſchott, S. 659, 660.

2) Erdmann und Marchand, Journal für praktiſche Chemie Bd. XLVI, S. 114.

Für die Phosphorſäure und die Kohlenſäure beſitzen wir lehrreiche Verſuche von Laſſaigne, welche ihre Aufnahme in Verbindung mit Kalk unmittelbar erhärten, ganz in der Weiſe, wie dies früher ſchon Liebig gelehrt hatte [1]). Laſſaigne hat durch Wägung gefunden, daß kohlenſäurehaltiges Waſſer von 10° C., bei mittlerem Luftdruck, $\frac{1}{1333}$ ſeines Gewichtes an baſiſch phosphorſaurem Kalk der Knochen auflöſt. Der reichliche Kalkniederſchlag, der ſich in manchen Gewäſſern bildet, wenn man ein paar Tropfen Kali hinzuſetzt, iſt ein Beweis, wie die Gegenwart der Kohlenſäure, die durch das Kali gebunden wird, vorher den Kalk gelöſt hielt. Uebrigens braucht man ja nur durch Kochen die Kohlenſäure eines ſolchen Waſſers auszutreiben, um die Entſtehung des bekannten Keſſelſteins zu beobachten. Nach Maumené's Verſuchen gewähren die Salze des Waſſers der Kohlenſäure eine thätige Hülfe [2]), nach Liebig vorzugsweiſe das Kochſalz und die Ammoniakſalze. Liebig hat bereits vor vielen Jahren gemeldet, daß ſich der phosphorſaure Kalk in Waſſer, welches ſchwefelſaures Ammoniak enthält, ebenſo leicht löſt, wie der Gyps [3]).

Laſſaigne ſäete nun ausgezeichnet ſchöne Weizenkörner in zwei verſchiedene Gläſer, die er mit gereinigtem Kieſelſand gefüllt hatte. Das eine Gefäß wurde mit kohlenſäurehaltigem Waſſer begoſſen, das phosphorſauren und kohlenſauren Kalk gelöſt enthielt, das andere nur mit kohlenſäurehaltigem Waſſer. Die Körner keimten unter Glocken bei einer Temperatur von 10—12° C. Die Pflänzchen, denen die Kalkſalze geboten waren, wurden nicht nur höher, grüner, überhaupt ſelbſt für eine oberflächliche Betrachtung kräftiger entwickelt, ſondern ſie hinterließen bei der Verbrennung auch mehr Aſche, in Einem Verſuch ſogar fünfmal mehr, als die Pflänzchen, die des phosphorſauren und kohlenſauren Kalks entbehrten. Jene Aſche enthielt aber phosphorſauren und außerdem kohlenſauren Kalk, während die Menge des Kalks in der Aſche der Pflänzchen, die bloß mit

1) Vgl. Liebig in ſeinen Annalen Bd. LXI, S. 128.

2) Journ. de pharm. et de chim., 3e sér. T. XVIII, p. 247.

3) Liebig, die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Phyſiologie, ſechſte Auflage. S. 158.

kohlenſäurehaltigem Waſſer begoſſen wurden, außerordentlich wenig betrug [1]).

§. 12.

So weiß man denn, — mit Ausnahme der Kieſelſäure und des Fluors, — von allen Baſen, Säuren und Zündern, die ich oben als weſentliche Beſtandtheile des Ackers bezeichnete, durch unmittelbaren Verſuch, daß ſie in die Pflanzenwurzel übergehen können. Und damit iſt die eine Forderung erfüllt, die man an jene Stoffe ſtellen muß, um ſie für Nahrungsſtoffe der Pflanzen erklären zu können.

Allein außer der Aufnahme muß auch erwieſen ſein, daß dieſe anorganiſchen Beſtandtheile des Ackers als ſolche oder nachdem ſie gewiſſe Veränderungen erlitten haben, den Saft und die Gewebe der Pflanzen bilden helfen.

Die Veränderungen, welche die Salze und die Verbindungen der Alkalimetalle, des Calciums, Magneſiums und Eiſens mit Zündern in der Pflanze erfahren, ſind von untergeordneter Natur. Sie dürfen bei der hier zu beantwortenden Frage um ſo eher vernachläſſigt werden, als ſich die in Rede ſtehenden Stoffe in der Pflanzenaſche unmittelbar als ſolche erkennen laſſen. Ich finde z. B. in der Pflanzenaſche Schwefelſäure und Kali, gleichviel ob das aufgenommene ſchwefelſaure Kali noch als ſolches in der Pflanze zugegen war, oder etwa ſein Schwefel zur Erzeugung eines eiweißartigen Körpers verwendet wurde, während ſich das Kali vielleicht mit einer organiſchen Säure verband.

Der Beweis, daß dieſe anorganiſchen Beſtandtheile der Ackererde wirklich Nahrungsſtoffe der Pflanzen ſind, iſt deshalb unmittelbar geliefert, wenn man weiß, daß ſie ohne Ausnahme, bald mehr, bald weniger reichlich in den verſchiedenſten Pflanzen vorkommen. In der Lehre von den anorganiſchen Stoffen der Pflanzen werden wir ſehen, daß auch das Fluor ſpurweiſe in den Pflanzen vertreten iſt, daß aber die Kieſelſäure dem Gewicht nach einen der hauptſächlichſten Bauſtoffe des Pflanzenleibes auszumachen pflegt.

Für das Vorkommen von Kali, Natron, Kalk, Bittererde, Ei-

1) Laſſaigne in Ann. de chim. et de phys. 3e sér. T. XXV, p. 346 et suiv.

ſenoxyd, Phosphorſäure, Schwefelſäure, Kieſelſäure und Chlor können uns die Samen des Weizens als Beiſpiel dienen. Der Blumenkohl und der Schnittſalat enthalten Mangan, der Boratſch Salpeter, die Gerſte Fluor, die Brunnenkreſſe Jod.

§. 13.

Daß den Pflanzen auch organiſche Stoffe zur Nahrung gereichen können, wird zunächſt wahrſcheinlich durch die zahlreichen Schmarotzer. Wer aber die Aufnahme organiſcher Stoffe durch die Pflanzen umſichtig in Frage ſtellt, wird den Conferven auf Goldfiſchen, Waſſerſalamandern und Fröſchen, den Pilzen kranker Kartoffeln, kranker Schleimhäute und der Oberhaut oder den Pilzen und Conferven, welche J. Müller ſogar in den Lungen der Vögel beobachtete, keine eigentliche Beweiskraft zuerkennen. Denn ganz läßt ſich der Zweifel nicht abwehren, ob alle jene organiſchen Grundlagen nicht einen günſtigen Boden für die Entwicklung niederer Pflanzengebilde darſtellen, aus anderen Gründen, als weil dieſe organiſche Nahrungsſtoffe aus denſelben erhalten.

Ein entſchiedeneres Verhältniß ſcheint aber zwiſchen der in England ſo bekannten trocknen Fäule des Holzes (dry rot) und einem Pilze, dem **Merulius destructor**, zu herrſchen. Die Fäden dieſes Pilzes durchdringen das ganze Holz und es hat allen Anſchein, als wenn das Eiweiß und die in Dextrin verwandelte Celluloſe und Stärke des Holzes unmittelbar in die Fäden des **Merulius** übergingen.

Wäre der Pilz in Folge der Fäulniß entſtanden, ſo würde ſich ſchwer begreifen laſſen, daß Holzſtücke, die von der trocknen Fäule in hohem Grade ergriffen ſind, mit geſunden Stücken, in welche vorher eine Sublimatlöſung in eine Tiefe von wenigen Linien eindrang, verbunden werden können, ohne daß die Krankheit um ſich greift. Durch den Sublimat geräth die Ernährung ins Stocken [1]).

Schwabe hat die Wirkung des **Merulius** auch an **Boletus destructor** beobachtet.

Die Muscardine der Seidenwürmer (Botrytis bassiana) entwickelt ſich nach Guérin Meneville aus Körnchen der Blutkör-

1) Mulder, a. a. O. S. 690—692.

perchen dieſer Raupen [1]). Die Körnchen durchbohren die Hülle der Blutzellen. Und während ſie ſich bei geſunden Thieren in neue Blutkörperchen verwandeln, gehen ſie bei kranken Würmern in Pilzfäden über, deren Entwicklung dieſelben durch alle Organe verbreitet und Verhärtung, Aufſaugung der Säfte, kurz alle Erſcheinungen der Muscardine hervorbringt. Nach den neueſten Mittheilungen des genannten Forſchers iſt beim Schmetterling der Seidenraupe die Entwicklung jener Pilze aus den Blutkörperchen, welche ſich in den Raupen manchmal zu früh als Krankheit ereignet, der regelmäßige Untergang des Bluts [2]).

Wenn nun **Sarcophyte** und **Ombrophytum** Gefäße beſitzen, welche in Gefäße der Mutterpflanze einmünden, wenn **Viscum**, **Misodendron**, die **Loranthaceen** unter die Rinde ihrer Mutterpflanzen lange Wurzeln hinabſenden, wird es dann nicht wenigſtens zu einem ſehr hohen Grade der Wahrſcheinlichkeit geführt, daß in allen hier erwähnten Fällen der mütterliche Boden auch eine Quelle organiſcher Nahrung iſt? daß alſo jene Pilze und Conferven den Namen ächter Schmarotzer verdienen?

Freilich giebt es Verſuche, die beweiſen ſollen, daß Zucker und Gummi nicht von den Pflanzenwurzeln aufgenommen werden. Davon ſind aber gewiß weder Zucker und Gummi, noch auch die Wurzeln die Urſache, ſondern lediglich die Dichtigkeit der Löſung, in welcher man organiſchen Stoffe der Wurzel dargeboten hat.

§. 14.

Die ſogenannte Eſſigmutter, (Mycoderma, Perſoon), deren Elementarzuſammenſetzung nach Mulder's Analyſe etwa Einem Aequivalent Eiweiß und vier Aequivalenten Zellſtoff entſpricht, geht aus dem Eiweiß und der Eſſigſäure des Eſſigs hervor. Sie enthält nach Mulder gar keine anorganiſche Beſtandtheile [3]).

---

1) Comptes rendus, T. XXIX, p. 501, 502.

2) Comptes rendus, T. XXXI, p. 277, 278 (Août 1850).

3) Scheikundige onderzoekingen gedaan in het laboratorium der Utrechtsche hoogeschool, Deel I, p. 539 en volg.

Wenn man die Wurzeln einer Pflanze in eine Löſung von Gerbſäure taucht, dann gerinnt das Eiweiß in denſelben. Die Pflanze ſtirbt, aber die Gerbſäure wird aufgenommen (Payen).

In einer Auflöſung von huminſaurem Ammoniak ſieht man ſehr raſch Pilze entſtehen (Mulder). Ich beobachtete daſſelbe in überraſchend kurzer Zeit in einer Auflöſung der Kaliſalze von Huminſäure, Quellſatzſäure und Quellſäure.

Sind hier die Huminſäure, die Quellſäure, die Quellſatzſäure als Nahrungsſtoffe zu betrachten, welche die Entwicklung der Pilze befördern?

Eine mittelbare Bejahung dieſer Frage ſcheinen manche längſt bekannte Beobachtungen zu enthalten.

Zunächſt ſind viele Flechten, die auf Mauern und Felſen wachſen, aus denen ſie keine Ammoniakſalze der Humusſäuren aufnehmen können, arm an Stickſtoff (Mulder) [1]).

Andererſeits kommen in unſeren Gegenden die Feldfrüchte ohne Humus nicht zu gehöriger Entwicklung. Wenn Erica-Arten den Heidegrund mit einer Humusſchichte verſehen haben, gedeihen Tannen. Aber erſt nachdem Tannen und Dünger die Heide in fruchtbares Ackerland umwandelten, iſt an Getreidebau zu denken. Weizen, Roggen, Erbſen, kurz diejenigen Pflanzen, deren Samen den größten Reichthum an eiweißartigen Körpern beſitzen, erfordern Humusſtoffe, huminſaure, quellſaure, quellſatzſaure Ammoniakſalze, wenn ihre naturgemäße Miſchung zu Stande kommen ſoll.

Vor der Beweiskraft dieſer Beobachtungen läßt ſich wenigſtens ein günſtiger Einfluß der Humusſtoffe auf das Gedeihen der Pflanzen nicht bezweifeln.

Liebig aber, der ſeit dem erſten Erſcheinen ſeiner organiſchen Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Phyſiologie die Aufnahme organiſcher Stoffe durch die Pflanzen fort und fort läugnet, ſucht jenen unbeſtreitbaren Nutzen darin, daß ſich die Humusſäuren in Kohlenſäure und Waſſer zerſetzten. Die Kohlenſäure, die in Folge deſſen in die Wurzeln übergehe, ſei die wirkſame Urſache des Wachsthums der Pflanzen.

Iſt dieſe Vorſtellung richtig, dann muß den Pflanzen kohlenſäurehaltiges Waſſer ebenſo nützlich ſein, wie eine Löſung humus-

1) Phyſiologiſche Chemie S. 709.

ſaurer Salze. Wiegmann ſah aber Samen von Nicotiana Tabacum und Lupinus luteus ſchneller aufgehen in humushaltiger Ackererde, die bloß mit Regenwaſſer befeuchtet war, als in anorganiſchen Stoffen, die er mit kohlenſäurehaltigem Waſſer benetzte. Für Calluna vulgaris, Mentha crispa, Polygonum fagopyrum, Lychnis flos cuculi, Parnassia palustris, Cardamine pratensis hatten dieſe Verſuche denſelben Erfolg.

Wenn nun die Kohlenſäure die Urſache der kräftigeren Entwicklung nicht iſt, dann bleibt nur das Ammoniak übrig, dem man die Wirkung zuſchreiben könnte, wenn die Pflanzen wirklich keine organiſche Nahrung aufnehmen. Allein auch gegen dieſe Annahme hat der Verſuch entſchieden. Mulder fand nämlich eine Miſchung von Sand, 1 Procent Holzaſche mit Ulminſäure, die er aus Zucker bereitet hatte, oder mit Huminſäure aus Gartenerde, ohne Ammoniak, ebenſo vortheilhaft für das Gedeihen von Bohnen, Erbſen, Gerſte und Hafer, wie wenn er in derſelben Miſchung die Huminſäure oder die Ulminſäure durch die Ammoniakſalze der verſchiedenen Humusſäuren erſetzte.

So blieben denn nur unmittelbare Verſuche zu wünſchen, welche den Uebergang der Huminſäure, der Quellſäure und Quellſatzſäure in die Wurzeln bewieſen.

Hartig hat ſolche Verſuche mit ungünſtigem Erfolge angeſtellt. Wenn man aber Bohnenpflänzchen in Röhren, die eine Höhe von drei Zoll und einen Durchmeſſer von nur vier Linien beſitzen, in eine Humuslöſung ſetzt, dann iſt wohl ein günſtiger Erfolg kaum zu erwarten.

Soubeiran dagegen ſah eine kräftige Pflanze von Lapsana communis in einer ſehr verdünnten Löſung von humusſaurem Ammoniak, in welcher durch längeres Stehen an der Luft alles überflüſſige Alkali durch Kohlenſäure geſättigt war, acht Tage lang ſehr gut gedeihen. Dabei war die Humuslöſung viel heller geworden [1]).

Es läßt ſich indeß, weil kein Probeglas zum Gegenverſuch mit einer bloßen Löſung von humusſaurem Ammoniak gefüllt und mit der Löſung der Lapsana communis verglichen ward, jenem Verſuch mehr die Bedeutung eines Wahrſcheinlichkeitsgrundes als eines eigent-

1) Journ. de pharm. et de chim. 3. sér. T. XVII. p. 329 et suiv.

lichen Beweiſes beimeſſen. Soubeiran theilt jedoch ausdrücklich mit, daß die Humusſtoffe, ſelbſt im feuchten Zuſtande und der Luft ausgeſetzt, äußerſt hartnäckig ihre Miſchung behaupten.

Vor mir ſtehen zwei Gläſer, etwa vier Zoll hoch und im Durchmeſſer zwei Zoll meſſend, in die ich eine Auflöſung von huminſaurem, quellſaurem und quellſatzſaurem Kali eingefüllt hatte. Der Löſung des einen Glaſes ſetzte ich etwas Diaſtaſe zu, um dadurch die etwaige Zerſetzung der Humusſäuren noch zu begünſtigen. In die zweite Löſung ſetzte ich ein gehörig abgewaſchenes, eben aufgegangenes Pflänzchen von Crocus sativus. Nachdem die Löſungen zwölf Tage in einem Zimmer geſtanden hatten, in welchem die Temperatur im Durchſchnitt 10 bis 12° C. betrug, waren beide auffallend heller geworden. Während ſich aber das Glas, welches die Löſung und Diaſtaſe enthielt, mit Pilzen bedeckt hatte, waren in der Zwiebel der vortrefflich gedeihenden Crocuspflanze deutliche Spuren von Aufnahme der Humusſtoffe zu ſehen. Auch die Wurzelfaſern, die von der Zwiebel ausgehen und beſtändig ganz unter die Humuslöſung getaucht erhalten wurden, waren im Inneren gelblichbraun gefärbt. Die von der aufgenommenen Humuslöſung herrührende Farbe nahm aber gegen die obere Spitze der Zwiebel immer mehr ab. Die Aufnahme der Humuslöſung ließ ſich alſo nicht bezweifeln. Daß in dem Glaſe, welches die Humuslöſung und Diaſtaſe enthielt, die Farbe ebenfalls heller wurde, ja ſogar heller noch als die Löſung mit der Crocus, rührt offenbar von der Schimmelbildung her, die ſich auf Koſten der Kaliſalze der Humusſäuren entwickelte. — In einem anderen Verſuch hatte ſich nach einigen Wochen die Humuslöſung, in welcher die Crocuspflanze wuchs und blühte, im Vergleich zu der anderen Probelöſung ſo auffallend entfärbt, daß ſie im Vergleich zu der letzteren braungefärbten nur noch hellgelb genannt zu werden verdiente.

De Sauſſure endlich hat durch Wägungen die Menge des humusſauren Kalis beſtimmt, welche Pflänzchen von Bidens cannabina und Polygonum Persicaria aus einer Löſung dieſes Salzes aufnahmen. Er brachte die Pflänzchen mit der Löſung in Gefäße, die etwa 1 Zoll im Durchmeſſer und 7 Zoll in der Höhe maßen. In einem Falle, in welchem die Löſung 7 Centigramm humusſaures Kali (18 Milligramm Humusſäure) enthielt, waren nach vierzehn Tagen 9 Milligramm der Säure verſchwunden. Daß dieſe wirklich aufgenommen worden, ſcheint mir nach Soubeiran's und meinen Mit-

theilungen ausgemacht. Die Wurzeln waren weiß, die Pflanzen geſund.

Die Humusſäuren werden aber nicht nur aufgenommen, ſie werden auch in weſentliche Stoffe der Pflanze verwandelt. Denn in den meiſten Fällen ſind die Wurzeln im Inneren ganz weiß. An meiner Crocuszwiebel verliert ſich die braungelbe Farbe der aufgenommenen Löſung um ſo vollſtändiger, je weiter die durchgeſchnittenen Stellen von den Wurzelfaſern entfernt ſind.

Es iſt ein zwingender Schluß: auch die Humusſäuren ſind als Nahrungsſtoffe der Pflanzen zu betrachten.

§. 15.

Bei der Mittheilung der obigen Thatſachen bin ich abſichtlich von den bloß wahrſcheinlich machenden Belegen, von den in der Phyſiologie ſo oft willkürlich gehandhabten Beweismitteln, den ſogenannten Argumenten, zu den ſtrengen Beweisgründen fortgeſchritten. Wenn nun Liebig in einer Darſtellung, über die er allen Zauber der ihm eigenthümlichen Beweisführung ausgebreitet hat, den auch von Ingenhouß aufgeſtellten Satz, daß die Pflanzen keinerlei organiſche Nahrung aufnehmen, zu einem Axiom zu erheben ſucht [1]), dann ſcheint es mir Pflicht, ſeine Gründe auch hier einer Prüfung zu unterwerfen [2]).

Wenn wir die Gründe Liebig's, ihrem allgemeinen Inhalte nach, genauer zergliedern, dann laſſen ſie ſich zurückführen

1) auf die Möglichkeit einer Aufnahme der Humusſtoffe,

2) auf die zu geringe Menge, in der dieſelben aufgenommen werden könnten,

3) auf den unerheblichen Nutzen der Humusſäuren, ſo weit ſie Kohlenſtoff liefern ſollen,

4) auf die nicht vorhandene Nothwendigkeit einer Aufnahme von organiſchen Nahrungsſtoffen durch die Pflanze.

---

1) Die Chemie in ihrer Anwendung auf Argricultur und Phyſiologie, von Juſtus Liebig, ſechſte Auflage, Braunſchweig 1846, S. 6 u. folg.

2) Ich habe jene Prüfung ausführlich vorgenommen in meiner kritiſchen Betrachtung von Liebig's Theorie der Pflanzenernährung, Harlem 1845.

1. Weil man die Eigenschaften der künstlichen Humussäure ohne Weiteres auf die natürliche übertragen habe, weil die Humussäure selbst im frisch niedergeschlagenen Zustande nur in 2500 Gewichtstheilen Wasser löslich sei und diese Löslichkeit verliere, so wie sie trocken werde, deshalb bestreitet Liebig überhaupt die Möglichkeit ihres Ueberganges in die Pflanzenwurzel. Ich habe oben die Eigenschaften der Huminsäure, der Geïnsäure, der Quellsäure und der Quellsatzsäure ausführlich beschrieben. Diese Säuren sind im Boden, also im natürlichen Zustande, zum größten Theil an Ammoniak, zu einem weiteren Theile an feste Alkalien gebunden. Sprengel aber meldete schon, daß das humussaure Kali in seinem halben, das humussaure Ammoniak in seinem einfachen Gewichte Wasser löslich ist. Ich kann diese Löslichkeit nach den Angaben Mulder's und aus eigner wiederholter Erfahrung bestätigen. Damit fällt aber der Einwurf, der die Möglichkeit der Aufnahme der Humussäuren und der Quellsäuren bezweifelt.

2. Nach Liebig wäre die Wassermenge, die im Durchschnitt auf den Boden fällt, zu klein, um eine gehörige Menge der Humusstoffe in gelöstem Zustande der Pflanzenwurzel darzubieten. Liebig berechnet aber nur die 700,000 Pfund Regenwasser, die in den Monaten April, Mai, Juni, Juli nach Schübler Einem Morgen Land bei Erfurt zu Theil werden. Er vernachlässigt die eigentlichen Regenmonate März, October, November, er vernachlässigt Thau und Schnee. Und was die Hauptsache ist, Liebig stützt sich bei der ganzen Beurtheilung des Verhältnisses der Wassermenge zu der Löslichkeit der Humusstoffe auf den humussauren Kalk, der 2000 Theile Wasser erfordere um gelöst zu werden. Nach der Menge des Kalks, welche die Pflanzenasche enthält, bestimmt er dann die Menge der Humussäure, welche die Pflanze aus der Ackererde aufgenommen habe. Und doch ist das huminsaure Ammoniak nicht nur das allerhäufigste, sondern nach dem huminsauren Kali auch das allerlöslichste der humussauren Salze. Das Ammoniak findet sich in der Asche nicht wieder. Darum läßt sich die Menge der aufgenommenen Humussäuren nach den Basen, die in der Asche vorhanden sind, unmöglich beurtheilen.

3. „Wo nimmt," fragt Liebig, „das Gras auf den Wiesen, „das Holz in dem Walde seinen Kohlenstoff her, da man ihm keinen „Kohlenstoff als Nahrung zugeführt hat, und woher kommt es, daß

„der Boden, weit entfernt, an Kohlenstoff ärmer zu werden, sich „jährlich noch verbessert?"

„Jedes Jahr nehmen wir dem Walde, der Wiese eine gewisse „Quantität von Kohlenstoff in der Form von Heu und Holz, und „demungeachtet finden wir, daß der Kohlenstoffgehalt des Bodens „zunimmt, daß er an Humus reicher wird" [1]).

Weil nicht cultivirtes Land auch ohne Dünger so viel Kohlenstoff erzeuge, wie vom gedüngten Acker gewonnen wird, weil der Boden des Waldes an Humus reicher wird, statt zu verlieren, deshalb schließt Liebig, daß der Nutzen des Humus, so weit er Kohlenstoff liefern soll, nicht erheblich genannt werden könne. Sind denn nicht die Stoppeln der Wiese Dünger und die herabfallenden Blätter auch?

Durch Laubrechen wird der Holzertrag des Waldes vermindert (Hundeshagen), und nach Block liefert ein ungedüngter Boden 418 Pfund Kohlenstoff, wenn der Ertrag einer gleichen Fläche gedüngten Ackers sich auf 1848 Pfund beläuft.

Sollten da die Humussäuren nicht wirklich in organischer Form in die Wurzeln übergehen? Es läßt sich nicht bezweifeln. Die Huminsäure schreitet langsam in der Verwesung fort, und es ist falsch, wenn de Sauſſure behauptet, daß der Acker so viel Kohlensäure aushaucht, wie er Sauerstoff aufnimmt [2]). Ein Theil der Humussäuren ist in das letzte Erzeugniß der Verwesung verwandelt und dringt als Kohlensäure in die Wurzel. Die größere Hälfte wird als Huminsäure, als Quellsatzsäure, als Quellsäure aufgenommen.

4. In der Erörterung des vierten der oben genannten Gründe erreicht der Glanz der Liebig'schen Darstellung seinen Höhepunkt, und doch ist sie logisch die schwächste von allen.

Weil die Pflanzen in der Schöpfungsgeschichte eher waren als der Humus, weil der ganze Ertrag des Kohlenstoffs aus der Kohlensäure der Luft kann abgeleitet werden, deshalb wird von Liebig die Nothwendigkeit des Humus für die Pflanzen bestritten. Und das mit Recht. Darum aber, weil die Pflanzen ihren sämmtlichen Kohlenstoff aus der Luft beziehen könnten, zu behaupten, daß

1) A. a. O. S. 15, 16.

2) Vgl. oben S. 14.

ſie dieß auch wirklich thun, das iſt nicht anders, als wenn ich behaupten wollte, daß der Menſch mit bloßem Fleiſche ſich ernähren muß, weil er mit Fleiſch allein ſein Leben friſten kann. Es iſt die Möglichkeit mit der Nothwendigkeit verwechſelt.

§. 16.

Da die Pflanzen die Beſtandtheile des Ackers nur in gelöster Form aufnehmen, ſo verſteht es ſich von ſelbſt, daß die Waſſerpflanzen dieſelben Stoffe auch aus den Gewäſſern ſchöpfen können.

Andererſeits nehmen alſo auch die Land- und Waſſerpflanzen beſtändig Waſſer auf, ohne welches die Bewegung der verſchiedenen Stoffe, die Hauptbedingung aller Ernährung, gar nicht möglich wäre.

Das Waſſer verharrt aber in der Pflanze nicht ſeiner ganzen Menge nach als Waſſer, das die Bewegung gelöſter Stoffe vermittelt. Ein nicht unbedeutender Theil dieſes Waſſers wird zerſetzt. Indem es in die organiſchen Verbindungen der Pflanze eingeht, verliert es nach und nach ſeinen Sauerſtoff. Das Waſſer wird reducirt, der Waſſerſtoff wird feſtgelegt.

Es folgt dieß unmittelbar aus der Betrachtung der chemiſchen Conſtitution der allgemein verbreiteten organiſchen Pflanzenſtoffe. Denn mit Ausnahme der ſtärkmehlartigen Körper enthalten dieſe, die eiweißartigen Körper, die Fette und die Wachsarten, einen ſo bedeutenden Ueberſchuß des Waſſerſtoffs über den Sauerſtoff, daß ſie unmöglich aus unzerſetztem Waſſer hervorgegangen ſein können. Nur in den ſtärkmehlartigen Verbindungen entſpricht die Waſſerſtoffmenge im Vergleich zum Sauerſtoff dem Waſſerbildungsverhältniſſe.

Jedoch nicht bloß dieſe allgemeine Betrachtung, ſo überzeugend ſie auch ſein mag, ſondern beſtimmte Zahlen, die keinem Zweifel Raum laſſen, beweiſen die Zerſetzung des Waſſers in der Pflanze. Wenn man den Sauerſtoffgehalt eines Hektars Wald mit dem Waſſerſtoff dieſer Holzmaſſe vergleicht, dann findet man, ſelbſt in der Vorausſetzung, daß aller Stickſtoff in der Geſtalt von Ammoniak, alſo zu 1 Aeq. Stickſtoff verbunden mit 3 Aeq. Waſſerſtoff, in die Pflanze eingetreten ſei, die Sauerſtoffmenge des Holzes viel zu gering, um mit dem Waſſerſtoff deſſelben Waſſer zu bilden. Wenn man aber von dem Waſſerſtoffgehalt des Hektars Wald für je 1 Aeq. Stickſtoff 3 Aeq. Waſſerſtoff abzieht, dann kann die Maſſe des übrig bleibenden

Waſſerſtoffs nur vom Waſſer herrühren. Denn die Menge der aufgenommenen Humusſtoffe iſt zu klein — man denke an de Sauſſure's Wägungen —, um mehr als einen kleinen Theil des Waſſerſtoffs zu liefern. Mit Einem Worte: die Aequivalentzahl des in Holz enthaltenen Waſſerſtoffs iſt größer als die Summe der Sauerſtoffäquivalente und der dreifachen Zahl des Stickſtoffs:

$$H > O + 3N \text{ (Chevandier)}^{1}).$$

Und der größere Theil des Waſſerſtoffüberſchuſſes, wenn man $O + 3N$ von H abzieht, kann nur zerlegtem Waſſer ſeinen Urſprung verdanken.

Deshalb wird das Waſſer nicht bloß aufgenommen, es iſt im Safte nicht nur ein Mittel der Bewegung, ſondern es wird auch im ſtrengſten Sinne des Worts in die Gewebe der Pflanzen verwandelt. Das Waſſer iſt einer der wichtigſten Nahrungsſtoffe der Pflanzen[2]).

§. 17.

Daß die Ackererde und das Waſſer in weiter Bedeutung den Namen von Ernährungsquellen verdienen, iſt ſomit erwieſen.

Was aber entnehmen die Pflanzen der Luft?

Nach den allgemeinen Geſetzen der Diffuſion der Gaſe mußte man eine Aufnahme des Stickſtoffs und Sauerſtoffs der Luft von vorne herein erwarten. Und ſo hat es Draper, ein Forſcher des jugendlich aufblühenden, auch in der Wiſſenſchaft über Nacht wachſenden Amerika, der ſich Liebig und Mulder würdig an die Seite ſtellt, in der That gefunden. Die Luft der Spiralgefäße iſt ein Gemenge von Stickſtoff und Sauerſtoff, in welchem aber der Stickſtoffgehalt größer iſt als in der Atmoſphäre. Ich weiß wohl, daß Draper dieſen Stickſtoff von einer Zerſetzung ſtickſtoffhaltiger Beſtandtheile der Pflanze herleitet. Und daß ein Theil dieſes Stickſtoffs wirklich in den Pflanzen entwickelt wird, läßt ſich durchaus nicht bezweifeln, da Draper Pflanzentheile, denen er die eingeſchloſſene Luft entzogen hatte, in kohlenſäurehaltigem, ſonſt aber luftfreiem Waſſer Stickſtoff ausſcheiden ſah.

---

1) Mulder, a. a. O. S. 721.

2) Vgl. meine Kritiſche Betrachtung von Liebig's Theorie der Pflanzenernährung, S. 50.

Andererſeits iſt es ebenſo gewiß, daß ein Theil jenes Stickſtoffs, den man aus Pflanzen im luftleeren Raum entfernen kann, von außen aufgenommen wurde. Schon de Sauſſure, der wichtigſte Gewährsmann in allen hierher gehörigen Fragen, hatte gefunden, daß die Pflanzen mehr Stickſtoff liefern können, als ihrem ganzen Gehalt an ſtickſtoffhaltigen Körpern entſpricht.

Dadurch gewinnen die in neueſter Zeit von Ville angeſtellten Verſuche eine ganz beſondere Wichtigkeit. Ville hat Samen geſäet in geeignete anorganiſche Miſchungen und brachte die zubereiteten Töpfe unter luftdicht geſchloſſene Glocken, denen er mit friſcher Luft eine geeignete Menge Kohlenſäure zuführte. Die Ammoniak-Menge, welche in der den Pflanzen zur Verfügung ſtehenden Luft enthalten war, betrug in vier Monaten, während welcher der Verſuch fortgeſetzt wurde, kaum 1 oder 2 Centigramm. Da nun die Gemenge anorganiſcher Stoffe, welche die Samen aufgenommen hatten, kein Ammoniak enthielten, und da Ville dennoch die Pflanzen vortrefflich gedeihen ſah, ſo läßt ſich eine Aufnahme und Verarbeitung des Stickſtoffs der Luft gewiß nicht bezweifeln, wenn es gleich ſehr zu wünſchen bleibt, daß Ville ſpäter Zahlen mittheilen möge, um den Stickſtoffgehalt der Pflänzchen mit dem der Samen zu vergleichen [1]). Mène hat kürzlichſt wirklich eine Zunahme des Stickſtoffgewichts unter ähnlichen Verhältniſſen beobachtet, und zwar an Erbſen und Waizen [2]).

Auf das nächtliche Einſaugen von Sauerſtoff durch die Pflanzen hat längſt ſchon Griſchow die Aufmerkſamkeit gerichtet. Ebenſo bekannt iſt es, daß alle nicht grünen Theile der Pflanzen, der keimenden Samen, Schwämme und Pilze der Atmoſphäre Sauerſtoff entnehmen, während ſie Kohlenſäure aushauchen. An vereinzelten Oxydationserſcheinungen fehlt es, bei allem Vorherrſchen der Reduction, der Pflanze nicht.

Durch die Aufnahme der humusſauren und quellſauren Ammoniakſalze iſt aber die mittelbare Betheiligung der Hauptgaſe der Luft an dem Aufbau der Pflanzen auf das Hellſte beleuchtet. Indem der Sauerſtoff die Ueberbleibſel organiſcher Körper immer weiter der Verweſung entgegenführt, indem ſich der Stickſtoff im Humus verdichtet zu Ammoniak und der Gewitterregen den Stickſtoff mit dem Sauer-

1) Vgl. Ville in Comptes rendus XXXI, p. 578—580.

2) Mène in Comptes rendus XXXII, p. 180.

ſtoff zu Salpeterſäure verbunden den Pflanzen zuführt, ſieht man auch den luftigen Gürtel der Erde ſich miſchen mit Schlamm und Dünger, und durch dieſen ewigen Austauſch wimmeln die Erdkruſte und die Gewäſſer von immer neuem Leben. Die ſchwarze Dammerde geht auf in ſtets erneuter Farbenpracht.

§. 18.

Es iſt eine der unvergeßlichſten Leiſtungen in der Phyſiologie, daß Senebier den Beweis lieferte, die Kohlenſäure der Luft gereiche den Pflanzen zur Nahrung[1]). Legt man Blätter oder andere grüne Theile der Pflanzen in kohlenſäurehaltiges Waſſer, dann entwickeln ſie im Lichte Sauerſtoff, ſo lange bis der Vorrath der Kohlenſäure verſchwunden iſt. Prieſtley, Spallanzani, de Sauſſure und Davy machten dieſelbe Beobachtung. Und Draper hat ſpäter gezeigt, daß die Pflanzentheile auch in Löſungen von kohlenſaurem Kali, anderthalb kohlenſaurem Kali und kohlenſaurem Ammoniak Sauerſtoff aushauchen. Sie zerlegen die kohlenſauren Salze ſo gut wie die freie Kohlenſäure.

Indem de Sauſſure nachwies, daß das Gewicht der Pflanze in Folge der Aufnahme und Zerſetzung der Kohlenſäure zunimmt, hat er alle Rechnungen überflüſſig gemacht, die da beweiſen ſollen, daß die Pflanzen ohne die Kohlenſäure der Luft ihren Leib nicht ſchaffen können.

Durch die Dunkelheit der Nacht wird die Zerlegung der Kohlenſäure gehemmt. Die Blätter ſaugen im Finſtern ſogar Sauerſtoff ein, indem ſie Kohlenſäure ausſcheiden (Ingenhouß, de Sauſſure, G'riſchow), und nach Garreau beginnt die Aufnahme von Sauerſtoff bereits in der Dämmerung oder ſogar im Schatten[2]).

Trotzdem verringern die Pflanzen beſtändig die Kohlenſäure der Luft. Unter dem Eiſe ſammelt ſich aus Waſſerpflanzen eine bedeutende Menge Sauerſtoff an (Liebig). Die Entwicklung bei Tag übertrifft die Aufnahme des Sauerſtoffs in der Nacht.

---

1) Senebier's Unterſuchungen ſind unter Anderem in ſeiner Phyſiologie végétale, Tome III, p. 148—167, 184—281, mitgetheilt. Sie ſind ein Muſter der Forſchung für alle Zeiten. Senebier trug ſich ſeit 1788 mit dem Gedanken, daß die Kohlenſäure die Hauptnahrung der Pflanzen ſei. A. a. O. S. 151.

2) Garreau in Comptes rendus XXXII, p. 298, 299.

In der Luft von Hülſenfrüchten fanden Calvert und Ferrand mehr Kohlenſäure als in der Atmoſphäre, mehr bei Nacht als bei Tag, in der Finſterniß mehr als im Lichte.

Die Sauerſtoffmenge in der Luft der Pflanzen kann bald in der Nacht größer ſein als am Tag, bald umgekehrt. Die Luft aus Heracleum sphondylium, Angelica Archangelica, Ricinus communis, Dahlia variabilis, Arundo donax, Leicesteria formosa, Sonchus vulgaris war Nachts reicher an Sauerſtoff, während bei Tag in der Luft der Hülſenfrüchte eine größere Menge Sauerſtoff enthalten war als bei der Nacht (Calvert und Ferrand). In beiden Fällen entwickelt die Pflanze Sauerſtoff im Licht. Bei jenen Pflanzen erfolgt nur die Ausſcheidung minder raſch oder die nächtliche Aufnahme in größerer Fülle.

Darum alſo ſind die Pflanzen Kinder des Lichtes, in dem Farben und Gedanken erglühen. Darum wachſen Flechten auf Felſen und Gemäuer, denen ſie keine Spur organiſcher Nahrung entnehmen. Darum grünt die Wieſe ohne Dünger und die Wälder ſpeichern Kohlenſtoff auf in Vorräthen, die auch der humusreichſte Boden allein nicht liefern könnte. Auf Koſten der Luft bereichert ſich die Erde, und es mehrt ſich das organiſche Leben an ihrer Oberfläche trotz der Gewalt des Sauerſtoffs, der immer zehrt an Menſchen und Thieren, wie an den Leichen der Pflanzen.

Aber was der Sauerſtoff verbrannt hat, kehrt in die Luft zurück. In Jahrtauſenden wird die Atmoſphäre kaum ärmer an Kohlenſäure. Indem durch hunderterlei allmälige Verwandlungen der Kohlenſtoff in der Pflanze gebunden wird, entwickelt ſich der Sauerſtoff freier und freier, der von Neuem das Element findet, das er ſo eben verlaſſen mußte.

Die Lebensluft des Thiers verwandelt die Thiere in Kohlenſäure. Den Nahrungsſtoff der Pflanze vertauſcht die Pflanzenwelt mit der Thiere Lebensluft.

Das iſt die Folgerichtigkeit von Urſache und Wirkung, die in kreiſender Gegenſeitigkeit das Leben der Pflanzen an die Thiere, das Denken der Thiere an die Pflanzen knüpft.

Dieſe Erkenntniß iſt Senebier's That, eines edlen Gottesgelehrten, der den Begriff Gottes in ächt realiſtiſcher Weiſe ſuchte bei der Mutter der Bibel — und ſo die Menſchheit um einige unſterbliche Wahrheiten bereicherte.

§. 19.

Wenn Flechten auf felsigem Boden Eiweiß enthalten, so muß die Luft die Quelle ihres Stickstoffs sein.

Dadurch gewinnt es an Bedeutung, daß Calvert und Ferrand in der Luft von Leicesteria formosa, Ricinus communis, Phytolacca decandra, in den Hülsen von Colutea arborescens eine durch Platinchlorid bestimmbare Menge Ammoniak nachweisen konnten. Während die Atmosphäre bei Tag weniger Ammoniak enthält als bei Nacht (Fresenius), fanden jene beiden Forscher in der Pflanzenluft Nachts weniger als am Tage. Um ein ursächliches Verhältniß zwischen jenem Wechsel der Ammoniakmengen zu beweisen, fehlen nur unmittelbare Versuche, welche eine Verringerung des Ammoniaks der Luft durch höher organisirte Pflanzen über allen Zweifel erheben.

Die Flechte lebt von Kohlensäure, Ammoniak und Wasser. Sie lebt von der Luft. Also ist die Möglichkeit einer Aufnahme von Ammoniak aus der Atmosphäre für nicht gerade wenig zahlreiche Fälle erwiesen.

§. 20.

Weil das Eiweiß Schwefel enthält, den viele Flechten der Luft verdanken, so müßte deshalb schon eine Aufnahme des Schwefelwasserstoffs aus der Atmosphäre zugegeben werden.

Huraut hat diese Schwefelquelle für die Cruciferen aufgedeckt, und Vogel fand in einer Pflanze von Lepidium sativum, die er in schwefelfreiem Boden zog, 15 mal mehr Schwefel als die Samen enthielten.

So könnte denn die Luft die Erde schaffen. Vor sechstausend Jahren erschien der unerfahrenen Menschheit die Luft ein Nichts.

Zweites Buch.

Die Bildung der allgemein verbreiteten Bestandtheile der Pflanzen.

Zweites Buch.

Die Bildung der allgemein verbreiteten Bestandtheile der Pflanzen.

Einleitung.

Hin und wieder hat man ſich beſtrebt, den Saft der Pflanzen mit dem Blut der Wirbelthiere zu vergleichen. Viel treffender wäre der Vergleich mit dem Saft, der bei den Anthozoen aus den Oeffnungen des Magengrundes in die Leibeshöhle, bei den Quallen in feſt begrenzte Kanäle überfließt.

Denn in den meiſten Säften der Pflanzen ſteht der gelöſte Inhalt, den ſie führen, auf einer niederen Stufe der Verarbeitung, und es fehlt ihnen jedenfalls die große Aehnlichkeit der Miſchung, die dem Blut der Wirbelthiere ein ſo übereinſtimmendes Gepräge ertheilt.

Der Pflanzenſaft iſt gewöhnlich nur der Chylus, den die Thiere in ihren Verdauungswegen führen. Zu eigentlichem Blut gelangt die Pflanze nicht, ſo wenig wie zu Nerven.

Darum ſind die Säfte der Pflanzen ſo unendlich verſchieden. Ihre Mannigfaltigkeit bezieht ſich nicht bloß auf Art und Gattung, auf Jahreszeit und Himmelsſtrich, Wetter und Boden, nicht bloß auf die Zeit des Tages, auf die einzelnen Werkzeuge des Pflanzenleibes, ſondern auch auf die Höhe des Stamms oder des Stengels, welcher der Saft entnommen wurde.

So fand Knight in Acer platanoides den Saft um ſo dichter, je weiter derſelbe über dem Boden angeſammelt wurde. Das ſpecifiſche Gewicht betrug am Boden 1,004, zwei Meter über dem Boden

1,008, und in einer Höhe von vier Metern 1,012. Der Saft der Birke wird um ſo reicher an Zucker, je höher er in dem Baum geſtiegen iſt.

An Blättern und Stengeln hoch oben am Stamm wird der Saft beſtändig eingedickt durch die Verdunſtung. Dadurch wird die endosmotiſche Bewegung der im Acker gelöſten Stoffe in der Wurzel beſchleunigt. Die Wurzelfaſern nehmen verdünntere Löſungen auf. Und je weiter abwärts man den Stengel unterſucht, um ſo geringer findet man die Dichtigkeit.

Zu der Ortsbewegung des Safts geſellt ſich die Umlagerung der Molecule in den Stoffen, die er gelöſt erhält. Stärkmehl und Dextrin verwandeln ſich in Zucker. Die Zuckermenge nimmt nach oben zu.

Während Biot in ſehr vielen Pflanzenſäften Rohrzucker, Traubenzucker, Dextrin und Eiweiß nachwies, fand Bouſſingault in den großen Höhlen zwiſchen den Gelenken von Bambusa guaduas einen waſſerklaren Saft, der eine ſehr geringe Menge organiſcher Stoffe enthielt neben Spuren von ſchwefelſauren Salzen, Chlorverbindungen und Kieſelſäure. Völcker erhielt einen ebenſo verdünnten Saft aus den Schläuchen von Nepenthes; in einem außerordentlichen Reichthum an Waſſer waren Natron, Kalk und Bittererde, vertheilt an Aepfelſäure und etwas Citronenſäure, und Chlorkalium gelöſt [1]). Ein unbekannter Extractivſtoff wird in den meiſten Pflanzenſäften aufgeführt. Außer dieſem fand Vauquelin im Hollunder Zucker, Kalk und Kali an eine organiſche Säure gebunden; neben dieſen Salzen, aber ohne Zucker, Gerbſäure, Gallusſäure und eine andere freie organiſche Säure in der Buche; in der Ulme unter anderen Verbindungen kohlenſauren Kalk. Nach Liebig enthält der aufſteigende Saft des Ahorns und der Birke eine bedeutende Menge von Ammoniak-Salzen.

Regimbeau nennt im Safte des Weinſtocks Pflanzenſchleim, Weinſtein, weinſauren Kalk und freie Kohlenſäure, Langlois Salpeter und Eiweiß. Salpeter iſt auch im Saft des Nußbaums enthalten, außerdem Salmiak, äpfelſaure Salze, Dextrin, Fett und Ei-

1) Journal für prakt. Chemie von Erdmann und Marchand, Bd. XLVIII, S. 248 u. folg.

weiß. Der Junisaft der Linden führt außer den Salzen Eiweiß, Dextrin und Rohrzucker.

Die Jahreszeit übt ihren Einfluß in der fortschreitenden Umsetzung der aufgenommenen Nahrungsstoffe. Nicht bloß die Früchte zeitigt sie. Je später Schultz den Holzsaft von Carpinus betula im Frühling untersuchte, desto mehr Dextrin fand er in Zucker umgewandelt [1]). Und wenn das Winterkorn weniger Kleber enthält als Sommergetreide [2]), dann muß doch auch der Saft nach der Jahreszeit verschieden sein. Im Frühling verwandelt sich das Stärkmehl der Kartoffeln in Dextrin, das der Saft weiter führt [3]). Und was auch immer die Ursache des Thränens des Rebstocks sein möge, die in der Endosmose allein nicht gesucht werden kann, ob eine plötzlich gesteigerte Verdunstung durch die Frühlingswärme angeregt, oder, wie es Liebig nach den Versuchen von Hales und Brücke wahrscheinlich macht [4]), ein Gas, das sich in Folge einer kräftigen Keimung stromweise entwickelt, ohne veränderte Zusammensetzung des Saftes würde das Bluten der Rebe gewiß nicht erfolgen. Der Reichthum an Kohlensäure im Thränenwasser des Weinstocks ist durch Versuche von Proust und Geiger bekannt. Das specifische Gewicht des aus der Rebe fließenden Frühlingssafts beträgt nach Brücke nur 1,0008 bis 1,0009.

Nicht nur die Wärme des Sommers, auch die des Himmelsstrichs mehrt den Zucker des Saftes. Die Pflanzenwelt der Wendekreise ist durch ihren Zuckerreichthum ausgezeichnet. Keine bei uns einheimische Pflanze erreicht hierin das Zuckerrohr, vielleicht nicht einmal den Saft der Kokosbäume. Im Weizen der warmen Gegenden ist auch der Kleber in größerer Fülle zugegen.

Ungünstige Witterung stört die Zuckerbildung in den Trauben, das Reifen aller Früchte.

---

1) Mulder, a. a. O. S. 774—776, wo viele der hier mitgetheilten Thatsachen gesammelt sind.

2) Jac. Moleschott, die Physiologie der Nahrungsmittel, ein Handbuch der Diätetik, Darmstadt 1850, S. 297.

3) Ebendaselbst S. 355.

4) Untersuchungen über einige Ursachen der Säftebewegung, von Justus Liebig, S. 86—93.

Nachts iſt der Saft der Hülſenfrüchte reicher an Kohlenſäure als bei Tag.

Die Feldfrüchte gedeihen nicht, wenn dem Boden Kali und phosphorſaure Salze fehlen.

Und dieſe Abhängigkeit des Safts von Wetter, Licht und Boden beſchränkt ſich nicht auf eine einzelne Erſcheinung. Jede Veränderung der Miſchung hat andere zur Folge.

Der Saft iſt in den Blättern ein anderer als im Stengel; in den Zellen, in den Spiralgefäßen, den Milchſaftgefäßen iſt die Miſchung verſchieden. Der Milchſaft, der vorzugsweiſe die beſonderen Pflanzenbeſtandtheile führt, iſt kein Nahrungsſaft, ſondern ein Erzeugniß der Abſonderung.

In den Pflanzen Einer Familie zeigt der Milchſaft eine große Aehnlichkeit. Um ſo mannigfaltiger iſt er in den Arten verſchiedener Familien. Wer kennt nicht die Alkaloide des Mohnſafts, das Antiarin von **Strychnos Tieute**, das Kautſchuck von **Haevea Caoutchouc**, **Ficus indica** und anderen Pflanzen? Marchand fand Butterſäure im Safte des Kuhbaums [1]), Bouſſingault und de Rivero Wachs, Zucker und Salze, Solly Galactin, Dextrin und Eiweiß.

Für die Zuſammenſetzung des Saftes von Grünkohl, des Ulmenſaftes und der waſſerhellen Flüſſigkeit in den Schläuchen von **Nepenthes** beſitzen wir folgende Zahlen:

---

1) Lehrbuch der phyſiologiſchen Chemie von R. F. Marchand, Berlin 1844, S. 186.

In 100 Theilen.	Saft des Grünkohls. Schrader.	Ulmensaft. Vauquelin.	Flüssigkeit aus den Schläuchen von Nepenthes. Aug. Völcker.
Lösliches Eiweiß	0,29	—	—
Dextrin („Gummiart. Extract")	2,89	—	—
Stärkmehl mit anhängendem Chlorophyll	0,63	—	—
Harz	0,05	—	—
Extractivstoff	2,34	—	—
Organische Substanz, hauptsächlich Aepfelsäure und etwas Citronensäure	—	—	0,27
Organische Substanz (nicht näher bestimmt)	—	0,10	—
Organisch-saures Kali	—	0,87	—
Chlorkalium	—	—	0,35
Natron	—	—	0,04
Kalk	—	—	0,02
Bittererde	—	—	0,02
Kohlensaurer Kalk	—	0,10	—
Wasser und Salze	93,80	98,93	99,30

Die folgende Tabelle enthält eine Uebersicht der Analysen verschiedener Milchsaftarten:

In 100 Theilen.	Getrockneter Saft der Rinde von Antiaris toxicaria. Mulder [1]).	Kautschuck. Faraday.	Milchsaft des Kuhbaums. Solly.
Eiweiß	16,14	2	3,06 [2])
Dextrin	12,34	—	4,37 [3])
Zucker	6,31	3	—
Harz	20,93	—	—
Kautschuck	—	32	—
Galactin	—	—	30,57
Myricin	7,02	—	—
Antiarin	3,56	—	—
Ein bitterer stickstoffhaltiger Körper, löslich in Alkohol und Wasser	—	7	—
Extractivstoff und Salze	33,70	—	—
Wasser	—	56	62,00 [4])

1) Mulder en Wenckebach, natuur- en scheikundig archief, 1837 p. 285.
2) Nach Solly Kleber und Eiweiß. Auch de Rivero und Boussingault sprachen von einem dem Faserstoff ähnlichen Körper, Marchand dagegen von Kautschuck. 3) Dextrin und Salze. 4) Wasser und Buttersäure.

Dieſe Stoffe und Zahlen beweiſen es, wie wenig man den Saft, gleichviel wo und wann er in der Pflanze gefunden wird, als das Blut, d. h. als den unmittelbaren Mutterſaft aller Gewebe des Pflanzenkörpers betrachten darf. Ich wende mich deshalb zu den allgemein verbreiteten Beſtandtheilen der Pflanzen, unbekümmert darum, ob ſie im Saft, oder in den feſten Grundformen der Gewebe auftreten.

Kap. I.

Die eiweißartigen Körper.

§. 1.

In keinem Pflanzentheile, deſſen Lebensthätigkeit in vollem Gange iſt, fehlen eiweißartige Verbindungen. Lösliches und ungelöſtes Eiweiß, Pflanzenleim und Erbſenſtoff, einer von dieſen Körpern findet ſich in jedem lebenden Organe jedweder Pflanzenart.

Nicht nur in Stengeln, Blättern und Früchten, ſchon in den Wurzeln, und zwar in den jüngſten Wurzelzaſern iſt das Eiweiß vertreten. Payen fand eiweißartige Stoffe im Safte der Gurken und des Hollunders, in den Aeſten des Feigenbaums und des Maulbeerbaums, der Eichen, Linden und Pappeln. Auch Mulder fand die eiweißartigen Körper allerwärts im Pflanzenreich.

Je nach der Art der Pflanze iſt die Menge der Eiweißſtoffe außerordentlich verſchieden. Tannen und Fichten ſind die ärmſten, Weizen und Erbſen die reichſten im Gehalt an den bieher gehörenden Verbindungen. Zwiſchen dieſen äußerſten Gegenſätzen liegen das Holz der Buchen, Obſt, die Wurzeln der Möhren, die Kartoffeln und Kohlarten.

Jugendliche Zellen führen die eiweißartigen Körper häufig nur im Zelleninhalt, während gerade umgekehrt bei fortſchreitender Entwicklung das gelöſte Eiweiß des Zellenſafts immer mehr in die Wand abgelagert wird. Alte Zellen beſitzen oft nur ungelöſtes Eiweiß in ihrer Wandung (Harting und Mulder).

Die kleine geſchloſſene Blaſe im Inneren jugendlicher Zellen, die namentlich wenn man die Pflanzentheile in Branntwein legt deutlich zum Vorſchein kommt, Mohl's Primordialſchlauch, Harting's und Mulder's **Utriculus internus**, enthält manchmal einen

eiweißartigen Körper, der indeſſen nie den Hauptbeſtandtheil des Säckchens ausmacht. In anderen Fällen fehlt demſelben auch jede Spur einer eiweißartigen Verbindung. Die Wand der jungen nicht verdickten Zellen des Marks von **Hoya carnosa**, die Zellen des Rindenparenchyms derſelben Pflanze und des ſchwarzen Hollunders enthalten keinen eiweißartigen Stoff. In der Wand der Zellen des ſchwammförmigen Parenchyms von **Musa paradisiaca**, in den Markzellen von **Pinus sylvestris**, in den Baſtfaſerzellen von **Sambucus nigra** und **Clematis vitalba** iſt dem Zellſtoff etwas Eiweiß eingemengt. Während nun auch die durch Pflanzenſchleim verdickten Zellwände der Samen von **Iris cruciata** und **Alstroemeria aurea** nur eine Spur von Eiweiß beſitzen, findet man, wie es Regel iſt, den eiweißartigen Stoff reichlich vertreten in der Wand der alten Holzzellen, ſo wie in den verdickten Markzellen von **Hoya carnosa** (Harting und Mulder). In derſelben Weiſe fanden Donders und Harting in den Getreideſamen die eiweißartigen Körper hauptſächlich in den ſtark verdickten Zellen der äußeren Schichte des Eiweißkörpers [1]), wie es Millon's Analyſen erwarten ließen [2]).

In den jugendlichen Markzellen von **Tilia parvifolia** fehlt das Eiweiß in der Wand, während es im Safte gelöſt iſt (Harting und Mulder).

Zu den älteren Theilen der Zellen gehören auch die anfangs aus Zellſtoff, ſpäter immer mehr aus mittlerem Holzſtoff beſtehenden Spiralfäden, die Ringfaſern und Netzfaſern, die ſich gegen die innere Wand der Zellen ablagern. Alle dieſe Fäden und Faſern führen ſchon frühe Spuren von Eiweiß, das der Zellwand, welcher ſie anliegen, fehlt.

Ueberall mehrt ſich das Eiweiß zugleich mit dem Holzſtoff. Daher ſind die Faſern der Spiralfaſerzellen und der Spiralgefäße, die der Ringfaſer- und Netzfaſerzellen um ſo reicher an Eiweiß, je älter ſie ſind. So fanden es Harting und Mulder bei **Agave americana**, **Phytolacca decandra**, **Opuntia microdasys**, **Tradescantia virginica**, **Mammillaria pusilla**. Am deutlichſten lehren es

---

1) Donders, Ellerman en Jansen, Nederlandsch lancet, 2e serie, IV. p. 746—750.

2) Ann. de chimie et de phys. 3e sér. XXVI, p. 8 et suiv.

die Holzzellen, wie mit dem Alter und dem Holzſtoff die Menge des Eiweißkörpers Schritt hält. Es iſt vorzüglich die aus Mulder's mittlerem Holzſtoff beſtehende mittlere Schichte der alten Holzzellen, die von Eiweiß durchzogen iſt. Vielleicht enthält dieſe Schichte den Eiweißſtoff allein (Harting und Mulder).

Der ſogenannten Cuticula, welche die Oberhautzellen überzieht, und den nach Mitſcherlich [1]) aus gleichem Stoff beſtehenden Korkzellen von Sambucus nigra, Clematis vitalba iſt eine eiweißartige Verbindung beigemengt (Harting und Mulder) [2]).

Betrachtet man die Organe der Pflanze im Zuſammenhang, dann ſind die Eiweißkörper vorzugsweiſe reichlich vertreten in den Wurzelſpitzen, in den Knoſpen von Blättern und Blüthen, in den Pollenkörnern, dem Embryoſack des Eies, in den Samen, lauter Theilen, die durch einen lebendigen Stoffwechſel ausgezeichnet ſind (Mohl) [3]).

§. 2.

Alle eiweißartige Stoffe ohne Unterſchied, die thieriſchen wie die pflanzlichen, zeichnen ſich durch eine ſehr bedeutende Aehnlichkeit in ihren Eigenſchaften aus.

Sie finden ſich in der Natur zum Theil gelöst, zum Theil in ungelöstem Zuſtande. Die gelösten laſſen ſich durch zahlreiche Mittel in unlösliche Formen überführen. Man nennt ſie dann geronnen.

Während nun die Eiweißkörper nach der Gerinnung ohne Ausnahme im Waſſer unlöslich ſind, werden dieſe Verbindungen, in dem einen, wie in dem andern Zuſtande, weder von Aether, noch von Alkohol gelöst.

Die allergrößte Aehnlichkeit beſitzen ſie in ihrem Verhalten zum Kali. In einer verdünnten Kalilöſung, bei einer Wärme von etwa 60° C. werden ſie in einiger Zeit gelöst und aus dieſer Löſung durch

---

1) Mitſcherlich bei Liebig und Wöhler, Annalen Bd. LXXV, S. 310 u. folg.

2) Mulder a. a. O. S. 422—504.

3) Mohl, die vegetabiliſche Zelle, in R. Wagner's Handwörterbuch Bd. IV, S. 250.

Säuren gefällt. Der entſtehende Niederſchlag beſitzt für alle dieſelben Eigenſchaften.

Eſſigſäure löst alle Eiweißſtoffe auf, wenn auch die einen ſchnell, die anderen langſam. In dieſen Löſungen entſteht eine gelblich weiße Fällung durch Eiſenkaliumcyanür und Eiſenkaliumcyanid.

Salzſäure, gehörig verdichtet, ertheilt allen eiweißartigen Verbindungen eine violette Farbe, in leiſen Uebergängen bald mehr dem Purpur, bald dem Indigo verwandt (Bourdois und Caventou).

Durch Salpeterſäure werden die Eiweißkörper gelb, es entſteht Fourcroy's gelbe Säure. Nachdem ſich Ammoniak mit dieſer Säure verbunden hat, iſt die Farbe des Salzes dunkelorange.

Gerbſäure und Gallustinctur erzeugen in allen Eiweißlöſungen einen reichlichen Niederſchlag. Ebenſo Salzſäure, Salpeterſäure und Schwefelſäure; dieſe Mineralſäuren löſen im verdünnten Zuſtande, bei geeigneter Wärme, die Fällungen wieder auf, und wenn ſie verdichtet ſind auch in der Kälte, im letzteren Fall jedoch nicht ohne die urſprünglichen Stoffe zu zerſetzen.

Die meiſten Metallſalze ſchlagen die gelösten Eiweißkörper nieder. Der ausgefällte Stoff beſteht häufig aus zweierlei Verbindungen, indem ſich die Baſis und die Säure des Salzes in die Eiweißmenge theilen.

Ein Gemenge von ſalpeterſaurem Queckſilberoxyd, ſalpeterſaurem Queckſilberoxydul und ſalpetrichter Säure färbt die Eiweißſtoffe roth, wie Millon vor Kurzem berichtet hat [1]). Ebenſo röthen Zucker und ſtarke Schwefelſäure die eiweißartigen Verbindungen (Schultze)[2]). Ich finde die Farbe mit Millon's Prüfungsmittel heller roth mit einem bloßen Stich ins Violette, mit der von Schultze angewandten Pettenkofer'ſchen Probe dunkelroth-violett.

Bei ſolcher Uebereinſtimmung der Eigenſchaften läßt es ſich leicht begreifen, wie Johannes Müller ſich veranlaßt fühlen konnte, dieſe Stoffe unter dem Namen der eiweißartigen Körper zu vereinigen, noch bevor die Aehnlichkeit in ihrer Conſtitution aufgedeckt war.

---

1) Erdmann und Marchand, Journal für praktiſche Chemie Bd. XLVII, S. 350.

2) M. S. Schultze in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXXI, S. 273.

§. 3.

Dieſe Entdeckung, eine der wichtigſten, deren die Phyſiologie ſich rühmen kann, blieb Mulder's thätigem Forſchergeiſte aufbehalten.

Es war im Jahre 1835 als Mulder in Rotterdam von einem Seidenfabrikanten aufgefordert wurde, aus praktiſchen Gründen Seide zu unterſuchen. In der Seide fand Mulder Stoffe, deren Eigenſchaften in hohem Grade an Eiweiß, Faſerſtoff und Leim erinnerten. Er verglich dieſelben mit den eiweißartigen Körpern des Bluts und dann mit denen der Pflanzen.

Mulder ging zunächſt von dem Niederſchlag aus, den er erhielt, als er die eiweißartigen Körper in einer Miſchung von etwa Einem Theil Aetzkali auf zehn Theile Waſſer, bei einer Wärme von ungefähr 60° C, löste, und dieſe Löſung mit Eſſigſäure verſetzte. Hühnereiweiß, Serumeiweiß, ungelöstes Pflanzeneiweiß und Faſerſtoff wurden in dieſer Weiſe unterſucht. Der Niederſchlag für alle dieſe Stoffe ergab bei der Elementaranalyſe dieſelbe Zuſammenſetzung, aus welcher Mulder die Formel $N^5\ C^{40}\ H^{31}\ O^{12}$ entwickelte. Dieſe Formel verbeſſerte Mulder ſpäter, indem er 75,12 als Miſchungsgewicht für den Kohlenſtoff zu Grunde legte, in $N^5\ C^{40}\ H^{30}\ O^{12}$ [1]).

Auf den Schwefel und Phosphor der eiweißartigen Verbindungen wurde Mulder im Jahre 1836 aufmerkſam. Da er nun das Verhältniß der Aequivalente des Stickſtoffs, Kohlenſtoffs, Waſſerſtoffs und Sauerſtoffs unter einander für alle eiweißartige Körper gleich fand, ſo ſchloß Mulder, daß die verſchiedene Schwefelmenge, das Fehlen oder das Hinzutreten des Phosphors oder endlich auch eine Vergrößerung des Sauerſtoffgehalts die eigenthümlichen Merkmale der verſchiedenen Eiweißſtoffe bedingen müßte. Abgeſehen von jenem Schwefel und Phosphor, abgeſehen von einer etwaigen Vermehrung des Sauerſtoffs, die er erſt ſpäter entdeckte, hielt er alle eiweißartige Verbindungen für iſomer. So gelangte Mulder nach und nach für eine große Anzahl der hierher gehörenden Stoffe zu folgenden Formeln:

---

1) Mulder, Verſuch einer allgemeinen phyſiologiſchen Chemie, überſ. von Jac. Moleſchott, S. 305, und Scheikundige onderzoekingen Deel IV, p. 433.

Kryſtallin	15 ($N^5\ C^{40}\ H^{30}\ O^{12}$) + S,
Käſeſtoff	10 ($N^5\ C^{40}\ H^{30}\ O^{12}$) + S,
Pflanzenleim	10 ($N^5\ C^{40}\ H^{30}\ O^{12}$) + S^2,
Faſerſtoff	10 ($N^5\ C^{40}\ H^{30}\ O^{12}$) + S + P,
Eiweiß v. Hühnereiern	10 ($N^5\ C^{40}\ H^{30}\ O^{12}$) + S + P,
Eiweiß d. Blutſerums	10 ($N^5\ C^{40}\ H^{30}\ O^{12}$) + S^2 + P,
	$N^5\ C^{40}\ H^{30}\ O^{12}$ + O^2
	$N^5\ C^{40}\ H^{30}\ O^{12}$ + O^3 + HO [1]).

Die von Mulder für jenen Niederſchlag gefundenen Zahlen wurden von verſchiedenen Seiten beſtätigt. Vogel unterſuchte in Liebig's Laboratorium Käſeſtoff, Faſerſtoff und Eiweiß; er fand ganz ähnliche Zahlen, nur etwas weniger Stickſtoff. Darauf analyſirte Scherer, gleichfalls unter der Leitung Liebig's, die Niederſchläge aus den Kalilöſungen von Käſeſtoff, Eiweiß, Faſerſtoff, dem Stoff der Kryſtallinſe des Auges (Kryſtallin), Horn und Haaren; auch ſeine Zahlen ſtimmten zu der Mulder'ſchen Formel. Endlich hat auch Dumas Mulder's Analyſen beſtätigt.

Alſo ſollte in allen den wichtigſten ſtickſtoffhaltigen Verbindungen der Thiere und der Pflanzen ein und derſelbe Stoff enthalten ſein. Dieſer Stoff verdiente einen Namen. Berzelius rieth Mulder zu der Benennung Proteïn.

Darin nun liegt der Kern von Mulder's erſter Proteïntheorie: alle eiweißartige Stoffe des Pflanzen- und des Thierreichs enthalten Proteïn. Dieſes Proteïn ſelbſt iſt ſchwefelfrei. Indem es ſich aber mit mehr oder weniger Schwefel, bisweilen auch mit Phosphor oder endlich mit mehr Sauerſtoff verbindet, entſtehen die verſchiedenen Eiweißkörper. Die Eiweißkörper ſind Proteïnverbindungen. Proteïnbioxyd nannte Mulder Proteïn, das 2 Aeq., Proteïntritoxyd Proteïn, das 3 Aeq. Sauerſtoff aufgenommen hatte.

§. 4.

Nur wer es ſelbſt beobachtete, wie die Folgerungen aus Mulder's Entdeckung die Phyſiologie des Stoffwechſels befruchteten, hat

1) Bulletin des sciences physiques et naturelles en Néerlande, 1838 p. 108, 1839, p. 10, 195, und Scheikundige onderzoekingen Deel I, p. 580, Deel. II p. 156. Dieſe Formeln wurden von den Jahren 1838 bis 1844 aufgeſtellt.

eine Ahnung von der Begeisterung, die sie hervorriefen zunächst bei den Physiologen, aber auch bei allen den Chemikern, die sich kümmerten um die Vorgänge des Lebens. Nach bloßer geschichtlicher Darstellung wird Niemand ganz begreifen, wie mächtig die Umwälzung war, die von jenen Forschungen aus ihre Schwingungen fortpflanzte durch das ganze Gebiet der Physiologie. So mag es im Leben gewesen sein, als Göthe mit seinem Werther dem Philisterthume des vorigen Jahrhunderts für ewig Feindschaft schwur und den Fehdehandschuh hinwarf jener von sinnlicher Kraft entblößten, flachen Aufklärungslust, die weder Begeisterung kennt noch Leidenschaft und sich auch in unserm Jahrhundert so gerne mit ihrem moralisirenden Hochmuth spreizt. Nur in der Umwälzung selbst lernt man die Macht früherer Umwälzungen begreifen.

Erst bei der Lehre von den Nahrungsstoffen des Thiers werde ich auf die ganze Wichtigkeit der Mulder'schen Beobachtungen eingehen können, auf die Bedeutung, die unabhängig ist von der Frage nach der Constitution der Eiweißstoffe, die uns hier beschäftigt. Denn dieser letztere Theil der Mulder'schen Theorie ist gestürzt.

Es ist meine Aufgabe, die Gründe, warum er aufgegeben werden muß, zu entwickeln und zu zeigen, wie viel oder wie wenig von der Constitution der wichtigsten aller organischer Verbindungen bis jetzt bekannt ist. Diese Erörterung muß sich nothwendiger Weise auf die thierischen und pflanzlichen Eiweißstoffe zugleich beziehen, weil nur beide vereinigt uns ein klares Bild von dem Stande der Frage zu geben vermögen. Das Bewußtsein der Nothwendigkeit mag eine Sünde gegen das Eintheilungsprincip entschuldigen, durch welche nicht nur größere Klarheit und eine leichtere Uebersicht gewonnen, sondern auch lästige Wiederholungen vermieden werden.

§. 1.

Bei einer genauen Betrachtung der Arbeiten, welche zu jener Proteïntheorie geführt hatten, wurde wohl bei manchen Forschern ein Zweifel rege, ob die mitgetheilten Formeln, die einen so einfachen Zusammenhang zwischen den Eiweißkörpern zu lehren schienen, sich in der Wissenschaft behaupten würden.

Es läßt sich nicht bestreiten, daß die Mischungsgewichte jener so zusammengesetzten Verbindungen auf eine höchst unsichere Weise ge-

funden waren. Mit Bleioxyd, Kupferoxyd u. a. verbinden ſich nämlich die Eiweißſtoffe ſo, daß nur eine ſehr geringe Menge der Baſis in der Verbindung enthalten iſt. Leitet man alſo aus ſolchen Verbindungen das Miſchungsgewicht der eiweißartigen Körper ab, ſo wird auch ein ſehr kleiner Fehler in der Wägung der Baſis außerordentlich vervielfältigt. Beſſer gelangen die Verbindungen mit Schwefelſäure, chlorichter Säure und Gerbſäure. Allein auch dieſe ergaben ſchwankende Zahlen, was ſich ſchon daraus erklärt, daß man die Menge jener Säuren nicht durch eine einfache Verbrennung, ſondern erſt nach der Uebertragung an Baſen beſtimmen konnte.

Der Erforſchung des Miſchungsgewichts der eiweißartigen Stoffe tritt die indifferente Natur derſelben als ein, faſt möchte man ſagen, unüberwindliches Hinderniß entgegen, um ſo mehr da nicht einmal die Kryſtalliſationsfähigkeit vorhanden iſt, welche alle Zweifel über die Reinheit beſeitigen könnte.

Darum wurden für das Proteïn neben der Mulder'ſchen Formel auch andere aufgeſtellt. Liebig wählte für Mulder's Zahlen den Ausdruck $N^6C^{48}H^{36}O^{14}$, während Delffs die Formel $N^2C^{16}H^{12}O^5$ vertheidigt [1]).

Das aber iſt nicht die einzige Seite, welche Mulder's Proteïntheorie verwundbar machte. Trotz vielfacher Verwahrung, die er ſelbſt dagegen einlegte, verfuhr Mulder mit ſeinem Proteïn ganz wie mit einem Radikale. Das Radikal verband ſich mit Sauerſtoff zu verſchiedenen Oxyden, es nahm Zünder auf, verſchiedene Zünder in verſchiedener Menge. Allein auf der anderen Seite ſollte ſich dieſes Radikal als ſolches, ohne ſich vorher oxydirt zu haben, mit Säuren verbinden. Mulder erhielt ein ſchwefelſaures, chlorichtſaures, gerbſaures Proteïn:

$$N^5\ C^{40}\ H^{30}\ O^{12} + SO^3,$$
$$N^5\ C^{40}\ H^{30}\ O^{12} + ClO^3,$$
$$N^5\ C^{40}\ H^{30}\ O^{12} + C^9\ H^3\ O^5 + 2HO.$$

Mulder ſelbſt hatte Schwefel in dem Niederſchlag gefunden, den er aus der Kalilöſung des ungelöſten Pflanzeneiweißes erhielt. Er hatte ſogar die Schwefelmenge dieſes Niederſchlags gewogen.

---

1) Die reine Chemie in ihren Grundzügen, Kiel 1845, zweite Aufl. II, S. 48.

Sodann ſprach Mulder, ſeitdem E. H. von Baumhauer das Vitellin analyſirt hatte, von einem ſchwefelhaltigen Proteïnbioxyd.

§. 6.

Ich weiß nicht, ob es dieſe oder ähnliche Betrachtungen waren, welche Liebig dazu beſtimmten, das Mulder'ſche Proteïn von Neuem auf Schwefel zu prüfen. So viel aber iſt gewiß, daß Liebig im Januar 1846 verkündigte, er habe in dem nach Mulder's Vorſchrift bereiteten Stoff Schwefel gefunden.

Mulder's Vorſchrift nun verlangt, daß man die eiweißartigen Körper in einer mäßig ſtarken Kalilauge bei einer Wärme von ungefähr 60°C längere Zeit hindurch an der Luft ſtehen laſſe. Dann ſcheide ſich der Schwefel des urſprünglichen Eiweißſtoffs als Schwefelkalium aus. Das Schwefelkalium aber oxydire ſich allmälig zu unterſchweflichtſaurem, ſchweflichtſaurem und ſchwefelſaurem Kali. Fällt man darauf mit einer Säure, dann bleibt das ſchwefelſaure Kali gelöſt, und der Niederſchlag enthält keinen Schwefel, der ſich durch Blei oder Silber erkennen ließe.

Liebig oder vielmehr Laskowsky dagegen kochte den eiweißartigen Stoff in Kali [1]). Dadurch wurde die Eiweißverbindung nicht nur raſch aufgelöst, alſo eine längere Einwirkung des Sauerſtoffs verhindert, ſondern durch das Kochen auch der Sauerſtoff der Luft entfernt. Oder es wurde der Eiweißkörper bei gewöhnlicher, alſo niederer Temperatur 24 Stunden ſtehen gelaſſen, oder endlich bei 50°C ein Viertel, eine halbe Stunde bis zu drei Stunden. In allen dieſen Fällen gedeiht aber die Oxydation bloß bis zur Bildung des unterſchweflichtſauren Kalis. Durch den Zuſatz einer Säure zerlegt ſich dieſes Salz in ſchweflichtſaures Kali und in fein vertheilten Schwefel, der in unlöslicher Form das niedergeſchlagene Proteïn verunreinigt.

Aus KO + 2SO wird
KO + SO^2 und S.

1) Laskowsky in Liebig und Wöhler, Annalen Bd. LVIII, S. 155, 156, 165.

Dieser verunreinigende Schwefel war es, den Liebig in dem Stoff, den er für Mulder's Proteïn hielt, durch Blei oder Silber erkennen konnte. Er fehlt, wenn das Proteïn nach den von Mulder empfohlenen Vorsichtsmaaßregeln bereitet ist.

Mulder warf dies ein. Liebig stimmte ihm anfangs insofern zu, als sich in dem sorgfältig bereiteten Proteïn nur eine Spur von Schwefel durch Blei nachweisen lasse (Fleitmann) [1]. Später wurde von Fleitmann die Abwesenheit von Schwefel, der Blei schwärze, unbedingt eingeräumt [2].

§. 7.

Trotzdem enthält das Mulder'sche Proteïn Schwefel, und zwar in gar nicht unbedeutender Menge.

Fleitmann wies denselben nach, indem er das Proteïn des Eiweißes der Hühnereier mit Kali und Salpeter schmolz. Dabei bildete sich Schwefelsäure. Der Schwefel ward also oxydirt. Er ließ sich durch Baryt nachweisen und in wägbarer Menge sammeln [3].

Mulder fand diese Angaben bestätigt [4] und unterwarf die eiweißartigen Stoffe einer erneuten, angestrengten Untersuchung.

Das Hauptergebniß seiner Forschungen läßt sich in Folgendem zusammenfassen. Wenn die eiweißartigen Körper in einer nicht zu sehr verdünnten Kalilauge bei 60°C längere Zeit an der Luft stehen bleiben, dann werden sie eines Theils ihres Schwefels beraubt. Dieser Schwefel ist es, der in den ursprünglichen Eiweißkörpern Blei oder Silber schwärzt. Fällt man nun das früher für schwefelfrei gehaltene Proteïn durch Säuren aus der Kalilauge, dann enthält es unter allen Umständen noch Schwefel. Dieser Schwefel schwärzt aber Blei oder Silber nicht; er läßt sich vielmehr nur erkennen, wenn man den Niederschlag mit Kali oder Natron und Salpeter schmelzt, d. h. wenn

---

1) Fleitmann, in Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXI, S. 122, 125.

2) Fleitmann, a. a. O. Bd. LXVI, S. 380.

3) A. a. O. Bd. LXI, S. 122, 123—126.

4) Scheikundige onderzoekingen, IV, p. 201 en volg., wo die hier folgenden Ergebnisse von Mulder's Untersuchungen überhaupt zu vergleichen sind.

man ihn in die Gestalt von Schwefelsäure überführt. Aus der geschmolzenen Masse läßt sich schwefelsaures Kali oder Natron lösen. Durch Chlorbaryum wird die Schwefelsäure gefällt.

Die erste wichtige Folgerung, welche die Berücksichtigung dieser verbesserten Schwefelbestimmung mit sich brachte, war die, daß man nun in den ursprünglichen eiweißartigen Verbindungen viel mehr Schwefel fand, als die früheren Wägungen Mulder's ergeben hatten. Während Mulder z. B. früher im Faserstoff nur 0,36 Proc. Schwefel fand, findet er jetzt 1,04; statt 0,46 Proc., die das Hühnereiweiß enthalten sollte, jetzt 1,6, u. s. w.

In dem Niederschlag, den Mulder durch Essigsäure aus der Kalilösung des Faserstoffs erhielt, fand er die ursprüngliche Schwefelmenge von 1,04 vermindert bis auf 0,72 Procent. Dagegen war im Niederschlag des Hühnereiweißes die Schwefelmenge nicht vermindert; sie war nach wie vor 1,6.

Der Schwefel dieses Niederschlags war also nur zu erkennen, wenn er in Schwefelsäure verwandelt war. Der Schwefel der ursprünglichen Stoffe dahingegen ließ sich auch in Schwefelwasserstoff überführen, d. h. er schwärzte Blei und Silber.

Mulder kam dadurch auf den Gedanken, der Schwefel möchte im Niederschlag und in den ursprünglichen Eiweißstoffen in verschiedener Form enthalten sein. Um aber diese Form zu errathen, versuchte er, ob sich im Niederschlag die Menge des Schwefels vermindern oder vermehren lasse, und durch welche Mittel.

In dem Niederschlag, der aus der alkalischen Lösung des Hühnereiweißes gewonnen wurde, ließ sich die Schwefelmenge (1,6) vermindern bis auf 1,29. Jedoch gelang dies nicht etwa durch reducirende Stoffe, die den Schwefel als Zünder hätten wegnehmen können, z. B. nicht durch Phosphor; wohl dagegen durch oxydirende Stoffe, z. B. durch Bleihyperoxyd, die den Schwefel entfernten, indem sie ihn in eine seiner Säuren verwandelten.

Umgekehrt läßt sich die in letztgenanntem Niederschlag durch Bleioxyd bis zu 1,29 verminderte Schwefelmenge wieder vermehren. Man kann dazu zweierlei Wege einschlagen. Es gelingt dies nach Mulder erstens, wenn man den Niederschlag mit vermindertem Schwefelgehalt in Kali löst und durch Essigsäure wieder ausfällt; dann bleibt ein schwefelärmerer Stoff gelöst, während der Niederschlag reicher an Schwefel geworden ist. — Mehr Aufklärung giebt das zweite Ver-

fahren. Nach dieſem wird der Niederſchlag mit 1,29 Procent Schwefel, der Blei nicht ſchwärzt, in Kali gelöſt und dann mit einer geringen Menge unterſchweflichtſauren Natrons verſetzt. Fügt man darauf Eſſigſäure zu, dann wird ein Stoff ausgefällt, deſſen Schwefelgehalt größer iſt als vorher. Hat man nicht zu viel unterſchweflichtſaures Natron zugeſetzt, ſo daß die hinzugefügte Säure nicht wieder das unterſchweflichtſaure Natron in ſchweflichtſaures Salz und verunreinigenden unlöslichen Schwefel zerlegte [1]), dann iſt der Schwefel des neuen Niederſchlags auch jetzt weder durch Blei, noch durch Silber zu erkennen. Die Schwefelmenge des Niederſchlags überſteigt aber in dieſem Falle nie 1,6 Procent, d. h. nie die Schwefelmenge des urſprünglichen Eiweißes oder des aus dieſem bereiteten Proteïns. Bei dieſem zweiten Verfahren wurde dem gelöſten Proteïn mit vermindertem Schwefelgehalt offenbar unterſchweflichte Säure geboten [2]).

Hat man den Faſerſtoff in Kali gelöſt, dann enthält die Flüſſigkeit Schwefelkalium, und, wie wir oben ſahen, die Menge des Schwefels in dem gelöſten organiſchen Stoff iſt vermindert. Führt man nun ſchweflichte Säure durch die Kalilöſung, dann entſteht auf den Zuſatz von Eſſigſäure ein Niederſchlag, der 1,49 Proc. Schwefel enthält, alſo mehr als der urſprüngliche Faſerſtoff ſelbſt. Wenn man aber durch eine Löſung von Schwefelkalium ſchweflichte Säure leitet, dann entſteht unterſchweflichtſaures Kali. Aus

$$KS \text{ und } SO^2 \text{ wird } KO + 2SO.$$

Alſo auch hier wurde durch die hinzugefügte Eſſigſäure dem organiſchen Körper unterſchweflichte Säure zur Verfügung geſtellt.

§. 8.

Der Gewalt dieſer Thatſachen weichend, verließ Mulder ſelbſt ſeine frühere Theorie, welche den Niederſchlag aus der Kalilöſung eiweißartiger Stoffe für ſchwefelfreies Proteïn hielt, das in den ur-

---

1) Siehe oben S. 83.

2) Mulder, a. a. O. 213, 214.

ſprünglichen Eiweißkörpern mit verſchiedenen Schwefelmengen, bisweilen auch mit Phosphor verbunden ſein ſollte.

Bei genauerer Beobachtung wurde er aufmerkſam auf eine geringe Menge Ammoniak, welche entweicht, wenn man die eiweißartigen Verbindungen in Kali auflöſt.

Indem nun Mulder die Beobachtung feſthielt, daß der Schwefel der urſprünglichen Eiweißſtoffe Blei ſchwärzt, der Schwefel des Niederſchlags dagegen nicht, ſtellte er im Jahre 1847 folgende neue Proteïntheorie auf.

Das Ammoniak, welches die Eiweißkörper beim Auflöſen in Kali verläßt, war als Schwefelamid in denſelben enthalten. Das Schwefelamid (NH^2S) zerfalle aber beim Ausſcheiden aus den eiweißartigen Stoffen ſogleich in Ammoniak und unterſchweflichte Säure, indem es Waſſer zerſetze: aus

NH^2S und HO wird NH^3 und SO.

Ein Theil oder die ganze Menge der unterſchweflichten Säure verbinde ſich wieder mit dem organiſchen Stoff. Dieſe unterſchweflichte Säure ſei der Schwefel des Niederſchlags, welcher Blei und Silber nicht ſchwärzt, ſondern erſt erkannt werden kann, wenn die Oxydation bis zur Schwefelſäure fortgeſchritten iſt.

Daher werde durch oxydirende Mittel die Menge des Schwefels im Niederſchlag vermindert; daher werde ſie bis zu einer gewiſſen Grenze hin vermehrt, ohne Silber zu ſchwärzen, wenn man dem organiſchen Stoff Gelegenheit giebt, ſich mit unterſchweflichter Säure zu verbinden.

Mulder nimmt nun wieder ein ſchwefelfreies Proteïn an, das er jedoch bisher nicht darſtellen konnte. Mit dem Schwefel ſind aber die Elemente des Amids (NH^2) ausgeſchieden. Demnach giebt er jetzt die Formel $N^4\ C^{36}\ H^{25}\ O^{10}$.

Dieſes Proteïn mit unterſchweflichter Säure verbunden iſt das alte Proteïn. Es ſchwärzt weder Blei noch Silber. Mit Salpeter und Kali geſchmolzen, dann in Waſſer gelöſt und mit Chlorbaryum verſetzt, giebt es einen Niederſchlag von ſchwefelſaurem Baryt.

Die eiweißartigen Körper ſelbſt ſind nach Mulder Verbindungen jenes neuen Proteïns mit Schwefelamid und Phosphoramid.

Ihr Schwefel läßt ſich durch Blei und Silber ebenſo gut erkennen, wie durch Baryt.

Hühnereiweiß wird nach Mulder ausgedrückt durch

Proteïn-Hydrat Schwefelamid Phosphoramid

$$20(N^4\ C^{36}\ H^{25}\ O^{10} + HO) + 8NH^2\ S + NH^2\ P\ ^1].$$

Das frühere Proteïnbioxyd wird nach Mulder's jetziger Auffaſſung Proteïnprotoxyd:

$$N^4\ C^{36}\ H^{25}\ O^{10} + O + 2HO\ (^2).$$

Proteïntritoxyd bleibt nach einer ziemlich verwickelten Formel auch jetzt Porteïntritoxyd:

$$2(N^4\ C^{36}\ H^{25}\ O^{10} + O^3) + NH^4O + 3HO\ (^3).$$

§. 9.

Faſſen wir alſo die weſentlichen Gründe zuſammen, durch welche Mulder ſeine neue Proteïntheorie zu ſtützen ſucht, ſo liegen uns folgende vor.

1) Die verſchiedene Weiſe, auf welche der Schwefel in den urſprünglichen Eiweißkörpern und in den Niederſchlägen, die man durch Säuren aus ihren Kalilöſungen erhält, erkannt wird, deutet auf eine verſchiedene Form des Schwefels in dieſen und jenen.

2) Wenn man die eiweißartigen Körper bei etwas erhöhtem Wärmegrad in Kali löſt, entweicht immer eine geringe Menge Ammoniak.

3) Der Schwefel des Niederſchlags läßt ſich durch oxydirende Mittel verringern; das beruhe auf einer Oxydation der unterſchwefligten Säure.

4) Dagegen nimmt der Schwefelgehalt in den Niederſchlägen bis zu einer gewiſſen Grenze zu, ſo oft man dieſelben in Umſtände bringt, in welchen ſie unterſchweflichte Säure aufnehmen können.

---

1) Scheikundige onderzoekingen, Deel IV, p. 227.

2) Ebendaſelbſt S. 276.

3) Ebendaſelbſt S. 283.

§. 10.

Ich habe die neue Proteïntheorie mit der unbedingten Hingebung geschildert, welche die Wichtigkeit der Frage, die über meinem Urtheil stehende Bedeutung ihres Urhebers, der schöpferische Scharfsinn, mit dem sie entworfen wurde, verdienen. Ich war vor allen Dingen bestrebt, so tief ich es vermochte, in Mulder's Auffassung des Gegenstandes einzudringen, weil man nur so einer Theorie gerecht zu werden im Stande ist, die sich durch stillschweigende Verdunklung nicht stürzen, aber eben so wenig heben läßt durch kritiklose Erwähnung oder blindes Lob. Ich glaube mir aber dadurch das Recht erworben zu haben, nun alle Schärfe des Urtheils gegen sie zu kehren, die mich nach wiederholter umsichtiger Prüfung zu einer bestimmten Ueberzeugung geleitet hat.

1) Es ist nach Mulder's Auffassung nicht zu begreifen, warum der Niederschlag des Faserstoffs weniger Schwefel enthält als der Faserstoff selbst, während im Niederschlag des Hühnereiweißes der ganze Schwefelgehalt des ursprünglichen Eiweißkörpers wieder gefunden wird. Mulder's Theorie verlangt, daß aller Schwefel des Faserstoffs, bei der Auflösung in Kali, in der Gestalt von Schwefelamid austrete. Dies findet unter gleichen Bedingungen statt, wie beim Hühnereiweiß. Warum aber verbindet sich beim Faserstoff nicht aller Schwefel des Schwefelamids in der Gestalt von unterschwefelichter Säure mit dem Proteïn (N^4 C^{36} H^{25} O^{10})?

2) Nur eine feste Verbindung der unterschwefelichten Säure mit dem Proteïn könnte Mulder's Vorstellung annehmbar machen. Allein die unterschwefelichte Säure verbindet sich nach Mulder's Zahlen in so wechselnden Verhältnissen mit dem Proteïn, daß man selbst mit der Annahme neutraler, basischer und saurer Salze keinen Einklang in die Zahlen zu bringen im Stande ist.

3) Die so äußerst schwache unterschwefelichte Säure läßt sich durch stärkere Säuren aus ihrer Verbindung mit dem Proteïn (N^4 C^{36} H^{25} O^{10}) nicht austreiben. Durch chlorichte Säure nimmt zwar nach Mulder die Menge der unterschwefelichten Säure ab; ganz aber läßt sie sich nicht verdrängen [1]), bisweilen sogar bleibt neben

1) Scheikundige onderzoekingen, Deel IV, p. 258, 259, 260, 265, 266 und namentlich p. 270.

der chlorichten Säure die ſämmtliche unterſchweflichte Säure mit dem Proteïn verbunden. Schwefelſäure ſoll dagegen nach Mulder die unterſchweflichte Säure verjagen. Wenn man nämlich Schwefelſäure auf die Verbindung des Proteïns ($N^4 C^{36} H^{25} O^{10}$) mit unterſchwefflichter Säure einwirken läßt, dann findet nur eine höchſt geringe Schwefelvermehrung ſtatt. Mulder meint nun, dieſe unbedeutende Zunahme des Schwefelgehalts wäre nur dann erklärlich, wenn man annähme, daß die Schwefelſäure die unterſchweflichte Säure verdrängt habe [1]). Allein dieſe Annahme iſt ja eben das was bewieſen werden ſollte. Und wenn die Verbindung des Proteïns mit der unterſchwefflichten Säure als ſolche die chlorichte Säure aufnehmen kann, ſo iſt gar kein Grund vorhanden, warum ſich dasſelbe nicht auch mit der Schwefelſäure ereignen ſollte.

4) Weder das Proteïn ($N^4 C^{36} H^{25} O^{10}$), noch das Schwefelamid ($N H^2S$) ſind bisher dargeſtellt worden. Derjenige Stoff aber, welcher nach Gerhardt's Unterſuchungen [2]), dem Begriffe der Amidverbindungen entſprechend, durch Kalihydrat in Ammoniak und eine Säure des Phosphors zerfällt, beſitzt eine ganz andere Formel als die von Mulder vorausgeſetzte. Nach Gerhardt beſitzt er nicht die Formel NH^2P, ſondern $N^2H^3O^2P$. Bei der Behandlung mit Kali wird

$$N^2H^3O^2P + 3HO \text{ verwandelt in } 2NH^3 \text{ und } PO^3.$$

Gerhardt hat allerdings einen Stoff von der Zuſammenſetzung NH^2P dargeſtellt. Er nennt denſelben Phosphham. Durch Waſſer und Glühhitze verwandelt ſich dieſes Phosphham in Phosphamid ($N^2H^3O^2P$) und einen dritten Stoff, den Gerhardt Biphosphamid nennt. Dieſe Amide werden nur dann in Ammoniak und Phosphorſäure verwandelt, wenn ſie mit Kali geſchmolzen werden. Durch eine bloße Kalilöſung dagegen werden ſie nicht angegriffen [3]).

---

1) Mulder, a. a. O. S. 246, 247.

2) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXIV, S. 254; Annales de chim. et de phys. 3e sér. T. XVIII, p. 195.

3) Gerhardt in Ann. de chim. et de phys. 3e sér. T. XVIII, p. 195, 200 etc.

§. 11.

Nach dieser Erörterung kann ich Mulder's neueste Auffassung von der Constitution der eiweißartigen Körper nur für eine geistreiche Hypothese erklären, zu deren Verwerfung Mulder selbst die lehrreichsten Thatsachen lieferte. Es lassen sich allerdings einzelne Wahrscheinlichkeitsgründe zu Gunsten der Mulder'schen Theorie aufführen. Die von mir entwickelten Gründe machen es aber durchaus unmöglich, jene Ansicht mit der Wirklichkeit in Einklang zu bringen. Deshalb meine ich dieser Hypothese auch den Werth absprechen zu müssen, daß sie vorläufig die bekannten Erscheinungen am besten erkläre. Die Thatsachen stehen mit ihr in unauflöslichem Widerspruch.

Also giebt es für jetzt keine Proteïntheorie, welche die Erfahrung zur Grundlage hätte. Deshalb behalte ich den Namen der eiweißartigen Körper bei und verbanne mit der Bezeichnung Proteïn zugleich alle auf Mulder's Theorie gegründete Benennungen aus diesem Werke.

Damit fällt aber für jetzt auch die Möglichkeit weg, den einzelnen eiweißartigen Verbindungen rationelle Formeln zu ertheilen. Um der Anschauung zu Hülfe zu kommen, bleibt uns nur die dankbare Erinnerung an Mulder's alte Proteïnformel, $N^5 C^{40} H^{30} O^{12}$, die mit annähernder Genauigkeit, ohne Rücksicht auf die Constitution, das Verhältniß des Stickstoffs, Kohlenstoffs, Wasserstoffs und Sauerstoffs in den Eiweißkörpern versinnlicht. Insofern in den Aequivalentzahlen einzelner Eiweißstoffe wesentliche Abweichungen stattfinden, werde ich in der Folge unter Bezugnahme auf diese Formel darauf aufmerksam machen.

Die eiweißartigen Verbindungen des Pflanzenreichs, das lösliche Pflanzeneiweiß, der Erbsenstoff, das ungelöste Pflanzeneiweiß und der Pflanzenleim enthalten alle Schwefel. Im Erbsenstoff beträgt die Schwefelmenge im Mittel aus zwei Bestimmungen von Rüling und Norton 0,5 Procent, in dem Niederschlag, den man durch Säuren aus dem ungelösten Pflanzeneiweiß erhält, 0,66 (Mulder)[1], in dem

1) Nach Dietrich soll der Kleber aus Weizen nur 0,033 Prcc. Schwefel, der Kleber aus Spelzmehl 0,035 enthalten. Liebig und Wöhler, Annalen B. L, S. 182 in der Note. Diese Schwefelbestimmungen sind aber schon im Jahre 1844 bekannt gemacht und gewiß zu klein.

löslichen Eiweiß als Mittel aus drei Bestimmungen 0,83 (Mulder, Rüling), im Pflanzenleim 1,05 (Rüling, Verdeil). Der letztgenannte Körper ist der einzige von diesen Stoffen, welcher keinen Phosphor enthält. Im ungelösten und im löslichen Pflanzeneiweiß ist die Phosphormenge nicht bestimmt. Der phosphorreichste von allen eiweißartigen Stoffen ist der Erbsenstoff; er enthält nach Norton 1,77 Procent.

§. 12.

Indem diese vier eiweißartigen Verbindungen die allgemeinen Eigenschaften der Eiweißkörper besitzen, zeichnen sich das lösliche Pflanzeneiweiß und der Erbsenstoff dadurch aus, daß sie in Wasser löslich sind. Dagegen werden das ungelöste Pflanzeneiweiß (Liebig's Pflanzenfibrin) und der Pflanzenleim, die mit einander vereinigt von Beccaria den Namen Gluten, Kleber, erhielten, in Wasser nicht gelöst. Von Beccaria's Kleber, welcher also ein Gemenge darstellt, ist der Kleber im engeren Sinne zu unterscheiden, mit welchem Namen man das ungelöste Pflanzeneiweiß häufig bezeichnet.

Demnach giebt es zwei in Wasser lösliche und zwei unlösliche Eiweißstoffe.

Das lösliche Pflanzeneiweiß unterscheidet sich vom Erbsenstoff dadurch, daß es bei etwa 70°C in Flocken gerinnt und daß es durch Essigsäure nicht aus seiner Lösung gefällt wird. Für den Erbsenstoff, den Liebig mit Unrecht auch Pflanzenkäsestoff nennt, ist es dagegen eigenthümlich, daß er beim Erhitzen an seiner Oberfläche nur gerunzelte Häute giebt, die sich, nachdem man sie weggenommen hat, immer wieder erneuern, und daß er auch durch Essigsäure niedergeschlagen wird. Diesen Niederschlag löst selbst ein Ueberschuß der Säure nicht wieder auf, wohl dagegen Kleesäure oder Weinsäure, wenn sie in reichlicher Menge zugesetzt werden. Aus diesen organisch-sauren Lösungen wird der Erbsenstoff durch Eisenkaliumcyanür und Eisenkaliumcyanid gefällt, wie sonst die essigsaure Lösung der eiweißartigen Verbindungen. Das lösliche Eiweiß verhält sich gegen alle organische Säuren und gegen die dreibasische Phosphorsäure ebenso, wie gegen die Essigsäure.

Der Erbsenstoff löst sich leicht in Ammoniak, läßt sich aber durch Säuren wieder ausfällen. Die hinzugefügte Säure sättigt

dann das Ammoniak, verbindet sich aber nicht mit dem Erbsenstoff. Und so verhalten sich alle Alkalien zu diesem Körper.

In ebenso bestimmter Weise, wie das lösliche Eiweiß und der Erbsenstoff, unterscheiden sich auch die beiden in Wasser unlöslichen Eiweißkörper von einander. Das ungelöste Pflanzeneiweiß ist nämlich unlöslich, der Pflanzenleim löslich in kochendem Alkohol. Aus der alkoholischen Lösung wird der Pflanzenleim beim Erkalten großentheils ausgeschieden, durch hinlänglichen Zusatz von Wasser noch vollständiger. Sodann ist das ungelöste Pflanzeneiweiß im reinen Zustande ein weicher, elastischer, nicht klebender Stoff, während der Pflanzenleim in hohem Grade klebrig ist. Diese letztere Eigenschaft verdankt Beccaria's Kleber demnach dem Pflanzenleim.

Das ungelöste Pflanzeneiweiß löst sich nach Mulder in Ammoniak [1]).

Weil sich der Pflanzenleim nicht vollständig in Essigsäure lösen läßt, hält Mulder es für wahrscheinlich, daß es kein chemisch reiner Körper sei [2]).

§. 13.

Unter allen Eiweißstoffen der Pflanzen ist das lösliche Eiweiß am allgemeinsten verbreitet. Kaum jemals dürfte es den Pflanzensäften ganz fehlen. Wo es vorkommt, findet es sich aber in der Regel in verhältnißmäßig geringer Menge. Ja es ist nicht einmal eine vorzüglich reiche Fundgrube bekannt, die man zur Darstellung benützen könnte. Am einfachsten eignen sich hierzu die Kartoffeln, die man gehörig klein zerschneidet und mit Wasser übergießt, welches mit etwa 2 Procent Schwefelsäure vermischt ist. Nachdem man das Wasser einen Tag lang unter möglichst häufigem Umrühren mit den Kartoffeln hat stehen lassen, gießt man es auf frische Kartoffeln. Dieses Verfahren wiederholt man einige Male. Dann erhält man durch Filtriren eine weingelbe Flüssigkeit. Wird diese mit Ammoniak versetzt, bis nur eine Spur von saurer Reaction noch übrig ist, dann gerinnt das Eiweiß beim Sieden in Flocken heraus. Durch den geringen

1) Scheikundige onderzoekingen, Deel III, p. 430.

2) Physiologische Chemie, S. 311.

Ueberschuß der Säure, den man beim Zusatz des Ammoniaks gelassen hat, bleiben phosphorsaure Bittererde und phosphorsaurer Kalk gelöst. Man wäscht die Flocken mit Wasser, Alkohol und Aether.

Der Erbsenstoff ist nicht so allgemein in verschiedenen Pflanzen verbreitet, wie das Eiweiß. Dafür findet er sich sehr reichlich in Erbsen, Bohnen und Linsen, kurz in allen Früchten der Leguminosen, weshalb Braconnot ihn mit dem Namen Legumin belegte. Uebrigens ist der Erbsenstoff auch in anderen Pflanzen zugegen, z. B. in Mandeln und manchen anderen öligen Samen. Aus Erbsenmehl wird der Erbsenstoff leicht gewonnen, indem man es mit Wasser anrührt und bis etwa 80°C erhitzt. Dann gerinnt das lösliche Eiweiß, das neben Legumin in den Hülsenfrüchten enthalten ist. Beim Filtriren läuft nun äußerst langsam eine trübe Lösung des Erbsenstoffs durch, die aber auf den Zusatz einiger Tropfen Ammoniak klar wird. Aus dieser Lösung wird der Erbsenstoff durch Essigsäure gefällt.

Beccaria's Kleber ist ein den Getreidefrüchten eigenthümlicher Besitz. Am allerreichlichsten ist er indeß im Weizen vertreten. Wenn man Weizenmehl in grober Leinwand so lange unter Wasser ausknetet, bis sich eine zusammenhängende Masse in einzelnen Fasern und Klumpen an die Leinwand ansetzt, diese Fasern und Klumpen dann vereinigt und unter beständigem Wasseraufgießen in freier Hand so lange verarbeitet, bis das abfließende Wasser weder Stärkmehl, noch lösliches Pflanzeneiweiß enthält, dann hat man Beccaria's Kleber in Gestalt eines mehr oder weniger grauweißen, klebrigen Stoffs. Kocht man nun dieses Gemenge von ungelöstem Pflanzeneiweiß oder Kleber im engeren Sinne und Pflanzenleim mit Alkohol, dann wird durch den Alkohol der Pflanzenleim ausgezogen und das ungelöste Pflanzeneiweiß bleibt zurück als eine nicht mehr klebrige Masse. Aus der heißen Alkohollösung scheidet sich der Pflanzenleim beim Erkalten oder auf reichlichen Wasserzusatz aus. — Bei jener Bereitung ist das ungelöste Pflanzeneiweiß immer mit etwas Zellstoff verunreinigt. Um es der Elementaranalyse zu unterwerfen, hat Mulder es mit Kali behandelt; dann wird das Eiweiß aufgelöst, während der Zellstoff zurückbleibt. Deshalb konnte oben beim ungelösten Pflanzeneiweiß nur der Schwefelgehalt des aus der Kalilösung erhaltenen Niederschlags angegeben werden.

In den betreffenden Flüssigkeiten sind alle diese eiweißartigen Stoffe weiß, um so weißer, je reiner sie sind. Durch das Trocknen

werden ſie bald mehr weißlich, bald mehr gelblich grau, ja das lösliche Pflanzeneiweiß und der Erbſenſtoff ſogar bräunlich. Werden ſie aber gepulvert, dann ſind ſie alle grauweiß.

Damit man das Verhältniß, in welchem dieſe einzelnen Stoffe in verſchiedenen Pflanzentheilen vertreten ſind, beurtheilen könne, finden die folgenden Zahlen hier einen Platz; dieſelben beziehen ſich alle auf 100 Theile.

Lösliches Pflanzeneiweiß im Waſſer der reifen Kokosnuß	0,10	Brandes.
Lösliches Pflanzeneiweiß in geſchälten Gurken	0,13	John.
Lösliches Pflanzeneiweiß in Blumenkohl	0,50	Trommsdorf.
" " in Aprikoſen	0,93	Bérard.
" " in Kartoffeln	1,02	als Mittel aus 10 Beſtimmungen von Einhof, Lampadius, Henry und Michaelis.
" " in Weizen	1,71	als Mittel aus 15 Beſtimmungen von Vogel und Péligot.
" " in Erbſen	1,72	Braconnot.
Erbſenſtoff in Erbſen	16,48	als Mittel aus 2 Beſtimmungen von Einhof und Braconnot.
" in Bohnen	19,55	als Mitel aus 2 Beſtimmungen von Einhof und Braconnot.
in Linſen	37,32	Einhof.
Beccaria's Kleber in Mais .	2,50	Gorham.
" " in Hafer .	3,50	als Mittel aus 2 Beſtimmungen von Chriſtiſon u. Vogel.
" " in Gerſte .	3,52	Einhof und Prouſt.
" " in Reis .	3,60	als Mittel aus 2 Beſtimmungen von Braconnot.
" " in Roggen	9,48	Einhof.
" " in Weizen	12,29	als Mittel aus 26 Beſtim-

mungen von Vauquelin, Vogel, Zenneck und Péligot[1]).

Beccaria's Kleber in Weizenkleie 14,90 Millon.

§. 14.

In friſch gekeimter Gerſte findet ſich eine eiweißartige Verbindung, die unter dem Namen Diaſtaſe, Gerſtenhefe, bekannt iſt. Da ſie, wie das lösliche Pflanzeneiweiß, in Waſſer löslich iſt, ohne jedoch in der Hitze zu gerinnen, ſo läßt ſie ſich von dieſem in derſelben Weiſe trennen wie der Erbſenſtoff. Man erwärmt gekeimte Gerſte mit Waſſer bis zu 70—80°. Beim Filtriren bleibt dann das geronnene Eiweiß zurück. Die Flüſſigkeit dagegen iſt eine Löſung, in der Zucker, Dextrin und Diaſtaſe enthalten ſind. Durch Alkohol wird die Diaſtaſe ausgefällt; ſie iſt aber immer noch mit Dextrin verunreinigt.

Es iſt die hervorragendſte Eigenſchaft der Diaſtaſe, daß ſie die Fähigkeit beſitzt, Stärkmehl in Dextrin und Zucker umzuſetzen.

Die Menge der Diaſtaſe in gekeimter Gerſte beträgt nach Payen ſelten mehr als 0,2 Procent.

§. 15.

Zu den eiweißartigen Körpern des Pflanzenreichs gehört ferner noch ein Stoff, der wegen ſeines Vorkommens in den Mandeln Mandelhefe genannt werden kann, das Emulſin oder die Synaptaſe. Dieſe Mandelhefe findet ſich aber auch in den Samen einiger Roſaceen.

Nach den neueſten Analyſen von Buckland Bull wird die Mandelhefe durch die Formel 10 $(NC^{9}H^{9}O^{6})$, $+S$ ausgedrückt[2]). Jener Forſcher erklärt die Formel indeß ſelbſt für eine empiriſche; das Miſchungsgewicht der Mandelhefe iſt nicht bekannt.

---

1) Die einzelnen Zahlen, aus welchen ich dieſe Angaben berechnete, finden ſich in meiner Phyſiologie der Nahrungsmittel, Darmſtadt, 1850; die ſpäter veröffentlichten von Péligot in den Comptes rendus, T. XXVIII, p. 183.

2) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXIX, S. 161.

Aus der wäſſerigen Löſung gerinnt die Mandelhefe nicht; die Flüſſigkeit trübt ſich zwar beim Kochen, wird aber beim Abkühlen wiederum vollkommen klar. Der Stoff, welcher in der Hitze ausgeſchieden wird, beträgt nur 10 Procent der angewandten Mandelhefe und iſt überdieß ein Erzeugniß der Zerſetzung. Alkohol fällt die Mandelhefe aus der wäſſerigen Löſung, Eſſigſäure hingegen nicht. Nachdem der mit Alkohol erhaltene Niederſchlag getrocknet wurde, iſt er nur ſchwer in Waſſer löslich (Buckland Bull).

Aus ſüßen Mandeln hat Buckland Bull die Mandelhefe bereitet, indem er die Mandeln fein zerſtieß, das Oel auspreßte und dann mit dem dreifachen Gewicht Waſſer zu einer Emulſion verarbeitete. Die Emulſion ſetzte er zwölf Stunden lang einer Wärme von 20—25° aus. In dieſer Zeit trennte ſich ein rahmartiges Gerinnſel, welches obenauf ſchwamm, von einer durchſichtigen, wäſſerigen Flüſſigkeit. Aus letzterer wurde die Mandelhefe durch Alkohol niedergeſchlagen, mit Alkohol ausgewaſchen und an der Luft getrocknet. Dann hat man einen röthlich braunen, geruchloſen, durchſichtigen Stoff, der keinen beſtimmten Geſchmack hat und leicht zerbröckelt. Im luftleeren Raum und über Schwefelſäure getrocknet wird die Mandelhefe ſchneeweiß und ganz undurchſichtig.

Jenes rahmartige Gerinnſel iſt Erbſenſtoff. Es wird durch die Milchſäure ausgeſchieden, welche ſich aus dem Traubenzucker der Mandeln bildet.

Buckland Bull fand in ſüßen Mandeln nur etwa 1,28 Procent Mandelhefe, während Boullay früher 24 und Vogel in bitteren Mandeln 30 Procent gefunden haben wollte.

§. 16.

An dieſe eiweißartigen oder wenigſtens den eiweißartigen ſehr ähnlichen Verbindungen muß endlich noch die organiſche Grundlage des Badeſchwamms, der Spongia-Arten, angeſchloſſen werden, welche Viele der tüchtigſten Zoologen und Botaniker, wie mir ſcheint mit Recht, dem Pflanzenreich zuzählen.[1]) Die von Crookewit ermittelte

1) Vgl. u. A. Wiegmann's und Ruthe's Handbuch der Zoologie, dritte Auflage von Troſchel und Ruthe, Berlin 1848 S. 613.

Bayerische Staatsbibliothek München

Zuſammenſetzung des Badeſchwamms beweiſt, daß derſelbe als ein Abkömmling der Eiweißkörper zu betrachten iſt, der jedoch außer Schwefel und Posphor auch Jod enthält.

Der Badeſchwamm wird nämlich nach Croockewit durch die Formel 20 ($N^6 C^{39} H^{13} O^{17}$) + J S^3 P^5 bezeichnet[1]). Dem Ausdruck $N^6 C^{39} H^{31} O^{17}$), den Mulder und Croockewit in die Formel aufgenommen haben, werden wir unten beim Fibroin der Seide in der Lehre der beſonderen Abſonderungen des Thierreichs wieder begegnen. Mulder glaubt, daß der Badeſchwamm nichts Anderes iſt als eine Verbindung des Fibroins mit Jod, Schwefel und Phoſphor.

In kaltem und kochendem Waſſer, Alkohol und Aether, in Ammoniak, in Eſſigſäure und in verdünnter Salzſäure iſt der Badeſchwamm unlöslich. Starke Salzſäure und Salpeterſäure löſen ihn dagegen auf, ebenſo Schwefelſäure und Kali, die beiden letzteren jedoch nicht ohne Zerſetzung.

Zur Darſtellung des Badeſchwamms wurden möglichſt weiße und weiche Stückchen Schwamm vom Sande befreit und darauf zweimal mit Aether, Alkohol und Waſſer ausgewaſchen.

§. 17.

Eiweißartige Stoffe werden den Pflanzen in keinem der drei Medien geboten, die ich als Ernährungsquellen derſelben beſchrieben habe. Dieſe Ernährungsquellen können alſo die eiweißartigen Bauſtoffe nur durch Vermittlung anderer ſtickſtoffhaltiger Beſtandtheile liefern.

Ammoniak iſt nun der weſentlichſte ſtickſtoffhaltige Beſtandtheil der Luft, wie der Ackererde. Es iſt alſo nothwendig, daß die Eiweißkörper aus den Ammoniakſalzen der Erde oder aus der Kohlenſäure und dem Ammoniak der Atmoſphäre gebildet werden.

Letzteres iſt der Fall in denjenigen Flechten, die in dem Boden auf welchem ſie ſich ausbreiten, keine Humusſtoffe vorfinden.

Wenn nun die Feldfrüchte ohne humusſaure Ammoniakſalze

---

1) Scheikundige onderzoekingen, uitgegeven door G. J. Mulder, Deel. II. p. 11 en volg.

nicht zur vollkommenen Entwicklung gelangen, wenn man weiß, daß die ganze Menge der eiweißartigen Stoffe in Weizen, Gerste, Hafer, Erbsen, Bohnen, Kartoffeln und Rüben steigt mit der Menge des Ammoniaks in dem Dünger [1]), wenn man ferner bedenkt, daß bereits in den jüngsten Wurzelfasern eiweißartige Verbindungen vertreten sind, und endlich, daß die lebendigste Thätigkeit in allen Werkzeugen der Pflanzen an die Gegenwart von Eiweißstoffen geknüpft ist, die in dem Safte jugendlicher Zellen niemals fehlen, so ergiebt sich hieraus unmittelbar, daß es in jenen Fällen die Ammoniaksalze der Huminsäure, der Quellsatzsäure und der Quellsäure sein müssen, die sich in eiweißartige Körper umwandeln.

Dieses Endergebniß der Umsetzung des Ammoniaks und der Kohlensäure der Luft oder der humussauren Ammoniakverbindungen der Erde ist durchaus unanfechtbar. Denn die Gewißheit einer solchen Thatsache, die Nothwendigkeit der obigen Schlußfolgerung wird nicht im Mindesten dadurch geschmälert, daß man den Weg und die Mittelstufen nicht kennt, auf welchen die Bildung der Eiweißstoffe zu Stande kommt. Ich hebe es also ausdrücklich hervor, daß wir die Einzelnheiten dieser Entwicklungsgeschichte nicht kennen. Trotzdem scheint es mir durchaus nicht überflüssig, durch die Formeln zu versinnlichen, wie leicht eine solche Umsetzung erfolgen könnte, wenn man nur dabei nicht vergessen will, daß der Beweis nicht geliefert ist, daß die Umwandlung nach diesem Schema wirklich erfolgt. Ein Aequivalent des (fünfbasischen) quellsatzsauren Ammoniaks kann unter Aufnahme von 1 Aeq. Sauerstoff die Eiweißgruppe, 8 Aeq. Kohlensäure und 2 Aeq. Wasser liefern:

$$5\ NH^4O + C^{48}\ H^{12}\ O^{24} \text{ und } O$$

$$\text{geben } N^5\ C^{40}\ H^{30}\ O^{12},\ 8\ CO^2 \text{ und } 2\ HO.$$

Wenn man diese Formeln zusammenzählt, erhält man in beiden Fällen $N^5\ C^{48}\ H^{32}\ O^{30}$.

Daß Kohlensäure und Wasser gebildet werden, ist dabei gar nicht nothwendig. Es ist vielmehr wahrscheinlich, daß eine Sauerstoffentwicklung stattfindet, während der Kohlenstoff und Wasserstoff mit

1) John (in Eldena), Erdmann und Marchand, Journal für praktische Chemie. Bd. L. S. 59. Der procentische Gehalt der Eiweißstoffe erleidet in den genannnten Pflanzentheilen sehr häufig eine Verminderung, der absolute Ertrag der Erndten wird aber immer vermehrt.

einem Theil des Sauerstoffs stickstofffreie Verbindungen darstellen. Die mitgetheilten Formeln sollen nur zeigen, wie leicht für eines der humussauren Ammoniaksalze die Umsetzung in die Stoffe der Eiweißgruppe zu erreichen ist.

Wegen seiner weiten Verbreitung und wegen seiner Löslichkeit im Safte muß das Pflanzeneiweiß als der Mutterkörper der übrigen eiweißartigen Verbindungen betrachtet werden. In vielen Pflanzentheilen findet sich lösliches Eiweiß, ohne daß ein anderer Eiweißkörper in denselben vertreten wäre. Umgekehrt aber sind der Kleber der Getreidesamen, der Erbsenstoff der Hülsenfrüchte, die Diastase der Gerste, die Mandelhefe der Mandeln und der Pfirsichkerne immer von löslichem Eiweiß begleitet.

Ich habe oben nach Harting und Mulder angegeben und kann es aus eigener Beobachtung bestätigen, wie das ungelöste Eiweiß vorzugsweise in den verdickenden Schichten älterer Zellen enthalten ist. Offenbar wird also das lösliche Eiweiß in die aus Holzstoff bestehenden Theile der Zellwand, in die verdickenden Schichten, die Spiralfäden, Ringfasern, Netzfasern und ähnliche Gebilde abgelagert. Es verändert dabei seine Eigenschaften und seine Zusammensetzung. Dieses Endziel der Wirkung ist bekannt. Aber ein allzu weiter Weg der Forschung trennt uns noch von diesem Endziel, als daß man es wagen sollte auch nur Muthmaßungen vorzubringen über die vermittelnden Einflüsse, welche das lösliche Eiweiß hier in Kleber, dort in Erbsenstoff, an einer anderen Stelle wieder in Mandelhefe verwandeln. Auf diesem Wege kann uns indessen die Begeisterung erfreuen über die wichtige Errungenschaft der Mulder'schen Forschungen, daß die Pflanzen im Stande sind, aus einfachen Bestandtheilen der Luft und Verwesungserzeugnissen der Erde, aus Kohlensäure, Ammoniak und Humussäuren diejenigen organischen Verbindungen zu bereiten, ohne welche die höchst organisirten Werkzeuge von Pflanzen und Thieren keinen Bestand haben und keine lebenskräftige Verrichtung äußern.

Kap. II.

Die ſtärkmehlartigen Körper.

§. 1.

Die ſtärkmehlartigen Körper ſind durch ihre Aehnlichkeit in der Zuſammenſetzung, durch mancherlei Eigenſchaften, durch ihre große Verbreitung in dem Pflanzenreich, vor allen Dingen aber durch ihre Entwicklungsgeſchichte zu Einer großen Gruppe verbunden.

Der Zellſtoff, das Stärkmehl, Inulin, Dextrin und Gummi ſtimmen in ihrer Zuſammenſetzung mit einander vollkommen überein. Die Zuckerarten unterſcheiden ſich von den genannten Verbindungen durch einen unbedeutenden Mehrgehalt von Waſſerſtoff und Sauerſtoff. Der Zucker aber enthält, ebenſo wie alle die obengenannten Körper, neben einer beträchtlichen Menge Kohlenſtoff, Waſſerſtoff und Sauerſtoff im Waſſerbildungsverhältniſſe.

Von dieſem allgemeinen Typus der Zuſammenſetzung entfernen ſich nur die Holzſtoffe, der Kork und die zur Pektinreihe gehörigen Verbindungen.

§. 2.

Alle jugendliche Zellwände beſtehen aus Einem und demſelben Stoffe, der mit dem Namen Zellſtoff, Celluloſe, belegt wurde. So findet man ausſchließlich Zellſtoff in der Wand der ovalen Parenchymzellen von **Aloë lingua** und den runden Parenchymzellen von **Agave americana**, in den jungen Spiralfäden und in der Wand der Spiralfaſerzellen der letztgenannten Pflanze, in der Wand der Spiralgefäße von **Mammillaria pusilla**, der Ringfaſerzellen von

Opuntia microdasys, der Netzfaſerzellen von **Tradescantia virginica**. Aus Zellſtoff beſteht die innere Wand der poröſen Zellen von **Vitis vinifera** und **Cycas revoluta**, die Wand der jungen Holzzellen, der Cambiumzellen, der Rindenparenchymzellen, die nicht verdickte Wand der Markzellen verſchiedener Pflanzen, die innere Schichte, bisweilen ſogar die ganze Wand der Milchſaftgefäße. (Harting und Mulder).

Wenn die Zelle älter wird, ſo werden nach und nach verſchiedene Stoffe in oder gegen ihre Wandung abgelagert, und in Folge deſſen der Zellſtoff mit anderen Beſtandtheilen der Pflanze vermiſcht. Deshalb findet man die Spiralfäden, die Ringfaſern und Netzfaſern, welche der Innenwand der Pflanzenzellen anliegen, nur im ganz jugendlichen Zuſtande vorherrſchend aus Zellſtoff, in älteren Zellen dagegen aus mittlerem Holzſtoff zuſammengeſetzt. Oder es liegen Schichten von mittlerem und äuſſerem Holzſtoff um eine innere Wand, die ſelbſt aus Zellſtoff beſteht; ſo in den Holzzellen (Harting und Mulder). Nach Mitſcherlich ſind die Zellen im Holze des Steins der Steinfrüchte von einer Korkſchichte umgeben, welche durch die innere Zellſtoffwand hindurchgeſchwitzt iſt [1]).

Eiweiß, Holzſtoff, Stärkmehl, Pflanzenſchleim, Pektoſe können aber auch die junge Zellwand durchdringen, ſo daß man die einzelnen Stoffe nicht an getrennten Schichten erkennt. Daher beſteht die dicke äuſſere Wand der Zellen des regelmäßigen Parenchyms von **Cycas revoluta** nicht ausſchließlich aus Zellſtoff, ſondern aus Zellſtoff und Pektoſe, wie Mulder vermuthet. Die Wand der Collenchymzellen unter der Epidermis bei **Phytolacca decandra**, **Opuntia brasiliensis**, **Sambucus nigra**, **Tilia parvifolia** iſt ein inniges Gemenge von Zellſtoff und Pektoſe. In den Zellwänden des ſchwammförmigen Parenchyms von **Musa paradisiaca** iſt dem Zellſtoff ein eiweißartiger Körper beigemiſcht. Und in den Samen von **Iris cruciata** und **Alstroemeria aurea** iſt der Zellſtoff der Wände zur größeren Hälfte durch Pflanzenſchleim, in der mittleren Schichte der Baſtfaſerzellen von **Agave americana** durch Holzſtoff verdrängt. (Harting und Mulder).

---

1) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXXV. S. 314.

§. 3.

Für die Zuſammenſetzung des Zellſtoffs wird nur von Mulder die Formel $C^{24}H^{21}O^{21}$ vertheidigt. Alle übrige Forſcher leiten aus ihren Zahlen den Ausdruck $C^{12}H^{10}O^{10}$ ab, z. B. ganz neuerdings wieder Mitſcherlich [1]).

In Waſſer, Alkohol, Aether, verdünnten Säuren und Alkalien iſt der Zellſtoff unlöslich. Durch keine Eigenſchaft wird aber der Zellſtoff beſſer bezeichnet, als durch ſeine Fähigkeit mit Schwefelſäure in Stärkmehl umgewandelt zu werden. Dieſe von Schleiden entdeckte Umſetzung wird nach Harting und Mulder, die bei der Unterſuchung von Pflanzengeweben einen ſo ſchönen Gebrauch dieſer Eigenſchaft machten, am allerbeſten durch das dritte, zweite und erſte Hydrat der Schwefelſäure hervorgerufen. Je reiner der Zellſtoff iſt, deſto verdünnter darf die Schwefelſäure ſein, um die Stärkmehlbildung zu bewirken. Eine ganz geſättigte, ſyrupdicke Auflöſung der Phosphorſäure leiſtet nach Mulder [2]) daſſelbe wie das zweite Hydrat der Schwefelſäure; Salzſäure und Salpeterſäure dagegen nicht.

Weil nun Stärkmehl durch Jod blau gefärbt wird, ſo giebt es kein beſſeres Mittel die Gegenwart des Zellſtoffs zu erkennen, als wenn man den betreffenden Pflanzentheil mit Jodtinctur befeuchtet und, nachdem der Alkohol verdunſtet iſt, mit dem geeigneten Schwefelſäurehydrat behandelt. Hat man das Pflanzengewebe nicht vorher getrocknet, dann erhält man auf den Zuſatz der Säure einen kryſtalliniſchen Niederſchlag des Jods.

Das aus dem Zellſtoff gebildete Stärkmehl verwandelt ſich durch Schwefelſäure nach und nach in Dextrin und Zucker. Wenn alſo die Säure zu ſtark oder zu lange eingewirkt hat, dann wird durch das Jod keine blaue, ſondern eine dunkel rothbraune Farbe hervorgebracht. Deshalb arbeitet man bei mikrochemiſchen Unterſuchungen am beſten mit dem dritten Hydrat der Schwefelſäure. Und aus demſelben Grunde iſt es vorzuziehen, die Gegenſtände vorher mit Jod zu behandeln und ſie von dem Augenblicke des Zuſatzes der Schwefelſäure an genau zu beobachten. Auf dieſe Weiſe ſind die Angaben

1) A. a. O. Bd. LXXV. S. 306.

2) A. a. O. S. 435.

über das Vorkommen des Zellstoffs von Harting und Mulder gefunden.

Nach neueren Untersuchungen hält Mitscherlich es für wahrscheinlich, daß auch die Alkalien Zellstoff in Stärkmehl verwandeln. Wenn die Alkalien eine Zeit lang eingewirkt haben, dann wird der mit Jod behandelte Zellstoff nach ihm violett.

Als Zellstoff wird also dieser Körper von Säuren und Alkalien nicht gelöst, wohl aber nachdem die durch diese Stoffe eingeleitete Umsetzung bis zur Dextrinbildung fortgeschritten ist.

Wenn man den Zellstoff durch Schwefelsäure in Stärkmehl umgewandelt hat, kann man nach Mulder durch Auswaschen der Schwefelsäure das Stärkmehl in einen Stoff umsetzen, der durch Jod nicht mehr blau gefärbt wird. Mulder hält es für wahrscheinlich, daß dabei eine Rückbildung des Zellstoffs aus dem Stärkmehl sich ereignet [1]).

Diastase verwandelt den Zellstoff in Dextrin (Payen, E. H. von Baumhauer).

Aus der so überaus weiten Verbreitung, durch welche der Zellstoff alle andere Pflanzenbestandtheile übertrifft, indem er nicht nur wie das Eiweiß beinahe überall, sondern auch überdies in reichlicher Menge auftritt, ergiebt sich, daß sehr verschiedene Pflanzentheile zu seiner Darstellung benützt werden können. Payen hat den Zellstoff aus den Samenknospen (Eierchen) der Mandeln, der Aepfel und der Sonnenblume, aus Gurkensaft, Gurkengewebe, Hollundermark, dem Mark von Aeschynomene paludosa, Baumwolle und Wurzelspitzen (sogenannten Wurzelschwämmchen) bereitet. Später untersuchte Payen denselben Stoff aus den Blättern der Endivie, der Aylanthus glandulosa, der Agave americana, der virginischen Pappel, aus dem Holz der Coniferen, dem Kern der Samenknospe (Perispermium) von Phytelephas, aus Conferven, Flechten und Pilzen. Er wies nach, daß gehörig gereinigtes Medullin, Fungin, Lichenin nichts Anderes sind als Zellstoff. Fromberg hat den Zellstoff aus isländischem Moos, aus Rüben, Weißkraut, Endivie, E. H. von Baumhauer aus den Samen von Phytelephas, Kokosnüssen, dem Holze des Goldregens, der Ulme, des Tulpenbaums und aus dem Flachse gewonnen. Kurz, es giebt wohl keinen allge-

1) A. a. O. S. 434, 435.

mein verbreiteten Pflanzenbeſtandtheil, der aus ſo verſchiedenen Fundorten unterſucht wäre.

Am allerbeſten eignen ſich junge Wurzeln oder junges Mark zur Darſtellung des Zellſtoffs. Zu dieſem Behufe werden ſie mit Waſſer, Alkohol, Aether, verdünnter Salzſäure und verdünntem Kali ausgewaſchen. Getrocknet bildet der Zellſtoff eine grauweiße, zähe Maſſe, die im ſpecifiſchen Gewicht beinahe mit Waſſer übereinſtimmt. Reiner Zellſtoff aus Mandeln ſchwimmt oben im Waſſer oder bleibt auf dem Boden des Gefäſſes liegen, je nach der Lage, in welche man ihn von Anfang an gebracht hat.

§. 4.

Bald ſpiralförmig nach innen, bald ſchichtenweiſe nach außen lagern ſich in den Gefäßpflanzen Holzſtoffe gegen die aus Zellſtoff beſtehende jugendliche Zellwand, die bei den Zellenpflanzen das ganze Leben hindurch des Holzſtoffs entbehrt.

In den jungen Spiralfäden, Ringfaſern, Netzfaſern iſt neben dem Zellſtoff ſchon frühe mittlerer Holzſtoff enthalten, deſſen Menge beim Altern der Zelle beſtändig zunimmt; ſo in den Spiralgefäßen von **Mammillaria pusilla**, in den Ringfaſerzellen von **Opuntia microdasys**, den Netzfaſerzellen von **Tradescantia virginica**.

Aeltere Markzellen beſitzen um die innere Zellſtoffſchichte eine Lage von mittlerem Holzſtoff, z. B. in dem vierten und ſiebenten Internodium von **Hoya carnosa**. Ebenſo die Holzzellen und die Baſtfaſerzellen. Der mittlere Holzſtoff ſcheint alſo durch die Zellſtoffwand nach außen hindurchzuſchwitzen.

Außer dieſem mittleren Holzſtoff enthalten aber die ausgebildeten Holzzellen noch eine dritte Schichte nach außen, welcher Mulder den Namen äußeren Holzſtoff gegeben hat. Auf gleiche Weiſe iſt in den Treppengefäßen von **Aspidium Filix mas** der mittlere Holzſtoff der Faſern von einer Schichte äußeren Holzſtoffs umgeben.

Bisweilen liegt der äußere Holzſtoff unmittelbar der Zellſtoffwand an, ohne zwiſchenliegenden mittleren Holzſtoff. In einem jungen Internodium von **Clematis vitalba** findet man die Wand der Holzzellen nur aus Zellſtoff zuſammengeſetzt. Sind die Holzzellen etwas älter, dann liegt zunächſt eine Lage äußeren Holzſtoffs um die Zellſtoffwand, und zuletzt entwickelt ſich zwiſchen beiden der mittlere Holz-

ſtoff. Dagegen fehlt dieſe mittlere Schichte dauernd in der Wand der poröſen Zellen von Vitis vinifera und Cycas revoluta. Dieſe poröſen Zellen enthalten einen Utriculus internus, dann folgt nach außen eine nur aus Zellſtoff beſtehende Zellwand, welcher der äußere Holzſtoff unmittelbar anliegt. Es ſind gleichſam Holzzellen ohne mittleren Holzſtoff, ſo wie ſich umgekehrt die älteren Markzellen dadurch von den Holzzellen unterſcheiden, daß ihnen die äußere Holzſtoffſchichte fehlt. — Die Rindenparenchymzellen von Clematis vitalba ſcheinen gleichfalls nur aus Zellſtoff und äußerem Holzſtoff zu beſtehen.

Die äußere Schichte der Milchſaftgefäße von Euphorbia caput Medusae ſtimmt, ſoweit ihre Eigenſchaften bis jetzt beobachtet ſind, mit der äußeren Hülle der Holzzellen überein.

Indeß ſcheint der äußere Holzſtoff auch nach innen vom mittleren Holzſtoff liegen zu können. In den Baſtfaſerzellen von Agave americana ſoll diesſeits und jenſeits der mittleren Wand, die aus mittlerem Holzſtoff und etwas Zellſtoff beſteht, eine Schichte äußeren Holzſtoffs zugegen ſein. (Harting und Mulder).

Dieſe Lagerung der Holzſtoffe um die Zellſtoffwand hat Payen veranlaßt, dieſelben mit dem Namen des kruſtenbildenden Stoffs (matière incrustante) zu bezeichnen. Allein faſt ebenſo häufig iſt der mittlere Holzſtoff in einer und derſelben Schichte mit Zellſtoff innig gemiſcht. So findet man in den verdickten Zellwänden von Hoya carnosa, in den Spiralfäden und den von dieſen abgeleiteten Gebilden ein inniges Gemenge von Zellſtoff und mittlerem Holzſtoff. Der Holzſtoff wird alſo nicht bloß um, ſondern auch in die Zellſtoffwand abgelagert. (Harting und Mulder).

§. 5.

Für den kruſtenbildenden Stoff, der aber noch mit Zellſtoff verunreinigt war, fand Payen die Formel $C^{35} H^{24} O^{20}$. Fromberg und E. H. von Baumhauer analyſirten das ganze Holz und gelangten für dasſelbe zu dem empiriſchen Ausdruck $C^{64} H^{44} O^{39}$. Indem Mulder von dieſer Formel ſeinen Zellſtoff ($C^{24} H^{21} O^{21}$) abzog, leitete er für den mittleren und äußeren Holzſtoff zuſammen die For-

mel $C^{40}H^{28}O^{18}$ ab [1]). Mulder ſelbſt analyſirte ſpäter die gereinigten Spiralfäden von Agave americana und gelangte für dieſelben zu der Zuſammenſetzung $C^{64}H^{49}O^{47}$. Auch dieſe Spiralfäden beſtehen aus Zellſtoff und (mittlerem) Holzſtoff. Mulder zog alſo für den Zellſtoff $C^{24}H^{21}O^{21}$ ab und legte dem mittleren Holzſtoff den Ausdruck $C^{40}H^{28}O^{26}$ bei [2]). Allein die Zuſammenſetzung des ganzen Holzes führte zu ſehr verſchiedenen Formeln, was um ſo weniger zu verwundern iſt, da das Holz ein Gemenge von vier Stoffen, von mittlerem und äußerem Holzſtoff, von Eiweiß und Zellſtoff darſtellt. So fand von Baumhauer für das Holz des Goldregens und der Ulme $C^{64}H^{47}O^{45}$, für das Holz des Tulpenbaums $C^{64}H^{48}O^{47}$ [3]), während die oben angegebene Formel $C^{64}H^{44}O^{39}$ ſich auf das harte Holz des Steins von Pfirſichen, Nüſſen, Kokosnüſſen und Mandeln bezieht.

Aus Chevandier's Zahlen für das Holz berechnet Mulder durch Abzug der Eiweißgruppe ($N^5C^{40}H^{30}O^{12}$) und ſeiner Zellſtoffformel ($C^{24}H^{21}O^{21}$) den Ausdruck $C^{599}H^{427}O^{401}$. Wenn man dieſe Zahlen auf C^{40} zurückführt, ergiebt ſich $C^{40}H^{28}O^{27}$ für mittleren und äußeren Holzſtoff zuſammen. Da nun Mulder für den mittleren Holzſtoff der Spiralfäden zu der Formel $C^{40}H^{28}O^{26}$ gelangte, ſo hält er für wahrſcheinlich, daß der mittlere und der äußere Holzſtoff mit einander iſomer ſind.

Da indeß alle dieſe Formeln nur aus der Analyſe von verſchiedenen Gemengen gefunden wurden, ohne irgend eine Bürgſchaft, daß gerade 1 Aeq. Zellſtoff oder 1 Aeq. Eiweiß mit den betreffenden Holzſtoffen verbunden iſt, ſo verſteht es ſich ganz von ſelbſt, daß es höchſt willkürlich wäre, wenn man dieſen Formeln einen wiſſenſchaftlichen Werth beilegen wollte. Während Mulder z. B. in dem harten Holz der Steinfrüchte oder in den Spiralfäden 1 Aeq. Zellſtoff auf 1 Aeq. der betreffenden Holzſtoffe annimmt, bringt er bei Chevandier's Zahlen für 1 Aeq. Zellſtoff und 1 Aeq. Eiweiß

---

1) Mulder's Scheikundige onderzoekingen Deel II, in von Baumhauer's Abhandlung S. 210, bei Fromberg S. 338.

2) Scheikundige onderzoekingen, Deel III, p. 341—343 und phyſiologiſche Chemie, in der von mir beſorgten Ueberſetzung S. 447, 448.

3) Scheikundige onderzoekingen, Deel II, p. 204, 205.

15 Aeq. Holzstoff in Rechnung. Mulder hält denn auch in neuerer Zeit[1]) selbst jene Ausdrücke nur für Winke, die uns wenigstens ein annäherndes Bild von der Zusammensetzung der Holzstoffe geben können.

So viel scheint aus allen jenen Formeln mit Gewißheit abgeleitet werden zu dürfen, daß in beiden Holzstoffen weniger Sauerstoff mit dem Wasserstoff verbunden ist, als dem Wasserbildungsverhältnisse entspricht.

Nach Mulder unterscheidet sich die Zusammensetzung des harten Holzes deshalb von jungem, weichem Holze, weil jenes Ulminsäure enthält[2]). Von jenem Ulmingehalt soll die braune Farbe der Steine der Steinfrüchte herrühren. Der mittlere Holzstoff wird leicht in Ulminsäure verwandelt, denn

Mittlerer Holzstoff — Ulminsäure

$$C^{40}\,H^{28}\,O^{26} - 14\,HO = C^{40}\,H^{14}\,O^{12}\,^{3}).$$

Der äußere und der mittlere Holzstoff sind beide unlöslich in Wasser, Alkohol, Aether und verdünnten Säuren. In Alkalien lösen sich die Holzstoffe und aus der Lösung werden sie durch Säuren gefällt. In Folge dieser Löslichkeit werden die Wände der Holzzellen dünner, wenn man das Holz mit Kali kocht.

Durch Schwefelsäure wird der mittlere Holzstoff in Ulminsäure verwandelt, während der äußere Holzstoff dadurch nicht angegriffen wird. Starke Schwefelsäure löst den mittleren Holzstoff auf.

Jod und Schwefelsäure ertheilen den beiden Holzstoffen eine braune Farbe. In den Pflanzengeweben läßt sich der mittlere Holzstoff vom äußeren sehr häufig dadurch mikroskopisch unterscheiden, daß mit dem mittleren Holzstoff Zellstoff vermischt ist; weil nun der Zellstoff durch Jod und Schwefelsäure blau wird, so erhält das Gemenge von Zellstoff und mittlerem Holzstoff durch diese Prüfungsmittel eine grüne Farbe. Auf die Weise treten nach der Behandlung mit Jod und Schwefelsäure in erwachsenen Holzzellen drei verschieden gefärbte Schichten auf: eine innere blaue, aus Zellstoff bestehend, eine mittlere grüne,

---

1) Physiolog. Chemie, S. 483.

2) A. a. O. S. 484.

3) A. a. O. S. 448.

in welcher dem mittleren Holzſtoff Zellſtoff beigemiſcht iſt, und nach außen eine braune von äußerem Holzſtoff.

Wegen des innigen Zuſammenhangs des Zellſtoffs mit den Holzſtoffen iſt es bisher nur ſehr mangelhaft gelungen, die letzteren rein darzuſtellen. Payen bereitete Holzſtoff, indem er Holz in Kali löſte und dann mit Säuren niederſchlug. Allein auch der Zellſtoff wird theilweiſe in Kali gelöſt, der Holzſtoff in Ulminſäure verwandelt. Deshalb hat Payen ein Gemenge von Holzſtoff, Zellſtoff und Ulminſäure der Analyſe unterworfen. Mulder benutzte die aus mittlerem Holzſtoff und Zellſtoff beſtehenden Spiralfäden von Agave americana, um wenigſtens annähernd reinen Holzſtoff zu gewinnen. Dieſe Spiralfäden wurden mit ſtarker Eſſigſäure, mit Waſſer, Alkohol und Aether ausgewaſchen. Durch die Eſſigſäure wird das eingemengte Eiweiß, durch die anderen Löſungsmittel etwaige Harze, Wachs, Fett und Farbſtoff entfernt, und auf dieſe Weiſe wenigſtens ein Gemenge erhalten, das nur aus Einem Holzſtoff, dem mittleren, und aus Zellſtoff beſteht.

§. 6.

Nach dem Zellſtoff hält Mitſcherlich den Kork, das ſogenannte Suberin, für den wichtigſten Beſtandtheil der Zellwand. Die Kartoffeln ſind von mehren Schichten überzogen, deren Zellen aus Kork beſtehen. Ebenſo ſind die zarteſten Pflanzenhaare häufig mit einer dünnen Korkſchichte bedeckt. Nach Mitſcherlich[1]) ſtimmt nämlich der von Brongniart und Mulder als Cuticula beſchriebene Körper mit dem Korkſtoff überein; ſo das Häutchen, welches die Dorne und bei den meiſten Pflanzen die Zellen der Oberhaut überzieht. Dahin gehört alſo z. B. die Cuticula der Blätter von Agave americana, ferner der Kork der Korkeiche, aber auch der Linden, Pappeln, Weiden und anderer Bäume, und, wie es ſcheint, auch die äußere Haut der Sporen und Pollenkörner[2]).

---

1) Liebig und Wöhler, Annalen. Bd. LXXV, S. 310 u. folg.

2) Vgl. Mohl, die vegetabiliſche Zelle in R. Wagner's Handwörterbuch Bd. IV, S. 196.

In der Cuticula bildet der Kork nach Harting und Mulder keine Zellen, ſondern eine ganz gleichförmige Maſſe. Nach Mitſcherlich ſtellt der Kork nicht ſelten die äußerſte Schichte der Zellwände dar, ſo zwar daß er die einzelnen Zellen gleichſam zuſammenkittet.

Mitſcherlich hat den Kork analyſirt und dieſelben Zahlen gefunden, welche Döpping früher ſchon für den Kork der Korkeiche und Mulder ſpäter für die Cuticula von Agave americana erhielt. Aber auch der Kork läßt ſich ſo ſchwer reinigen, daß Mitſcherlich die Zuſammenſetzung noch nicht durch eine Formel auszudrücken wagt.

Waſſer, Alkohol, Aether, ſtarke Eſſigſäure löſen den Kork nicht auf, ja ſelbſt von ſtarker Sweſelſäure wird dieſer Stoff nur ſehr langſam angegriffen. Die Cuticula läßt ſich von vielen Pflanzentheilen durch Schweſelſäure trennen; ſie bleibt unverſehrt, während der Zellſtoff gelöſt wird. Hiebei erleidet die Cuticula indeß eine Zerſetzung, wie daraus hervorgeht, daß ſie eine bräunliche Farbe annimmt. Jod und Schweſelſäure färben den Korkſtoff braun. Ein ſehr bezeichnendes Merkmal des Korks beſteht darin, daß er ſich ſo gut wie gar nicht vom Waſſer benetzen läßt und dadurch in hohem Grade das Austrocknen verhindert bei allen Pflanzentheilen, welche er überzieht.

Durch Salpeterſäure wird der Kork oxydirt; die Korkzellen ſchwellen auf, wenn ſie mit dieſer Säure behandelt werden, und löſen ſich in Kali. Die Aufnahme des Sauerſtoffs verwandelt den Kork in eine Reihe von Säuren, deren Endglieder Korkſäure ($C^8\ H^6\ O^3 + HO$) und Bernſteinſäure ($C^4\ H^2\ O^3 + HO$) ſind. Die erſten Erzeugniſſe dieſer Oxydation beſitzen eine röthliche Farbe.

Am leichteſten läßt ſich der Korkſtoff aus dem Kork der Korkeiche gewinnen, indem man denſelben mit Waſſer, Alkohol, Aether und ſtarker Eſſigſäure reinigt.

§. 7.

An die Holzſtoffe und den Kork ſchließt ſich noch ein vierter Körper, der die Zellenwände verdickt und unter dem chemiſch ſchlecht bezeichnenden Namen des hornigen Albumens bekannt iſt. Ich will ihn Hornſtoff nennen, wobei freilich nicht an die hornigen Gewebe der Thiere gedacht werden darf. Dieſer Hornſtoff verdickt den Pflanzenſchleim der

Zellwände in den Samen von **Iris cruciata** und **Alstroemeria aurea** (Harting und Mulder).

Mulder hat nach seinen Analysen dem Hornstoff der letztgenannten Samen die Formel C^{24} H^{19} O^{19} beigelegt[1]).

In Wasser, Alkohol und Aether ist der Hornstoff unlöslich. Durch Kali quillt er auf; ebenso durch Salpetersäure. Jod und Schwefelsäure färben ihn hellgelb, nicht blau.

Mulder stellte diesen Hornstoff dar aus den Samen von **Iris** und **Alstroemeria**, indem er sie nach Entfernung der Oberhaut und des Embryo mit Aether, Wasser und Alkohol auszog.

§. 8.

Stärkmehl findet sich am häufigsten als Inhalt der Zellen, in der Gestalt von ovalen oder rundlichen Körnern, die aus mehren um Einen Mittelpunkt gelagerten Schichten bestehen. Wenn die Stärkmehlkörner sehr dicht zusammengedrängt sind, werden sie vieleckig. Formlos findet sich das Stärkmehl in den Samen von **Cardamomum minus** und vielleicht in der Rinde der Jamaica-Sassaparille (Schleiden)[2]).

Nach Payen's Beobachtungen ist das Stärkmehl um so reichlicher vertreten, je weniger die Pflanzentheile dem Licht ausgesetzt sind. So findet man in den Wurzeln mehr Stärkmehl als in dem Stamm, in dem Mark der Stengel mehr als an der Oberfläche. Die Cacteen besitzen im Innern des Marks die größten Körner. In den Schuppen von Zwiebeln verschwindet das Stärkmehl nach und nach, wenn sie dem Lichte ausgesetzt werden. Es fehlt ferner in der Oberhaut und den derselben nahe liegenden Zellen, nach Mitscherlich z. B. auch in den Korkzellen der Kartoffeln.

Alle jugendliche Pflanzentheile bestehen ausschließlich aus Zellstoff. In jungen Wurzeln, Sprossen, Stengeln ist kein Stärkmehl enthalten. Ebenso fehlt es in Gefäßen und Intercellulargängen.

Viele Flechten enthalten Stärkmehl, die sogenannte Moosstärke, in der Zellwand. Das Stärkmehl übernimmt also hier die

---

1) Scheikundige onderzoekingen Deel III. p. 269.

2) Schleiden, Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik, Bd. I, S. 176.

Rolle eines die Zellwand verdickenden Stoffs. Die Zellwand verdünnt sich, wenn man sie mit Wasser auskocht (Mulder).

Das Stärkmehl der Gefäßpflanzen sowohl, wie die Moosstärke, ist nach der Formel $C^{12}H^{10}O^{10}$ zusammengesetzt.

Kaltes oder auch warmes Wasser, dessen Wärme 55° C. nicht übersteigt, macht die Stärkmehlkörner bloß aufquellen. Wasser von 72° wird schon in größerer Menge von den Körnchen aufgenommen und macht die äußeren härtesten Schichten platzen. Erhöht man den Wärmegrad bis zum Sieden, dann gehen 99 Hundertstel durch das Filtrum. Diese warme Lösung gesteht beim Erkalten zu Kleister.

Reibt man die Stärke mit Quarzsand, dann werden die äußeren härtesten Hüllen gesprengt und auch von kaltem Wasser eine bedeutendere Menge gelöst (Guérin-Varry).

Von Alkohol und Aether wird die Stärke nicht aufgenommen; ebenso wenig von fetten und flüchtigen Oelen.

Erhitzt man das Stärkmehl in einem verschlossenen Gefäß bis zu 150°, dann wird es in fünf bis sechs Stunden gelöst. Beim Erkalten setzt sich die Stärke aber wieder in Kügelchen ab, die sich bei 72° reichlich lösen (Jacquelain).

Aus der wässerigen Lösung wird das Stärkmehl durch basisch essigsaures Blei und durch Barytwasser gefällt. Galläpfeltinctur erzeugt einen gelben Niederschlag, der bei 36° C. verschwindet und bei 30° wieder erscheint.

Säuren setzen die Stärke nach vorherigem Aufquellen der Körner in Dextrin und das Dextrin in Zucker um. Durch Diastase oder durch Röstung geht die Dextrinbildung ebenso vor sich. Nach Mohl[1]) geschieht die Umwandlung durch Diastase in der lebenden Pflanze so, daß die Stärkekörner fest bleiben und von außen nach innen schichtenweise gleichsam angefressen und aufgelöst werden.

Das eigenthümlichste Merkmal des Stärkmehls, das im Jahre 1814 von Colin und Gaultier de Claubry entdeckt wurde[2]), besteht in der violettblauen Farbe, die es, im festen wie im gelösten

---

1) Mohl, die vegetabilische Zelle in R. Wagner's Handwörterbuch, Bd. IV. S. 207.

2) Journ. de pharm. et de chim. 3e sér. T. XVIII. Décembre 1850. p. 410, 411.

Zustande, und selbst bei großer Verdünnung mit Jod annimmt. In nicht zu dünnen Lösungen entsteht ein blauer Niederschlag von Jodstärke, der nach Lassaigne aus $C^{12} H^{10} O^{10} + J$ besteht. Payen dagegen behauptet, daß der höchste Jodgehalt des Niederschlags etwa Einem Aequivalent auf 10 Aeq. Stärkmehl entspricht.

In der Verbindung des Jods mit der Stärke haben wir den Uebergang von einer chemischen zu einer physikalischen Verbindung. Für eine Anziehung der Atome in unmeßbaren Entfernungen spricht es, daß sich die Jodstärke viel schwerer zersetzt als reines Stärkmehl. Jodstärke bis zu 200—220° erhitzt wird weder vollständig entfärbt, noch in Dextrin verwandelt. Dagegen wird die Annahme einer bloßen Anziehung im Sinne der Physiker dadurch begünstigt, daß sich durch Waschen mit Alkohol der Jodgehalt vermindert.

Erwärmt man die blaue Lösung der Jodstärke bis zu 66° C., dann verschwindet die blaue Farbe. Beim Erkalten kehrt sie wieder. Durch das Erwärmen soll sich aus Jod und Wasser Jodwasserstoff und Jodsäure bilden, die sich beim Erkalten wieder in Jod und Wasser umsetzen. Aus

$$5\,HO \text{ und } 6\,J \text{ wird } 5\,HJ \text{ und } JO^5$$

und umgekehrt. Dadurch wird es befriedigend erklärt, warum nach zu häufig wiederholtem oder zu lange fortgesetztem Erhitzen die blaue Farbe auch beim Erkalten nicht wiederkehrt; es wird dabei der flüchtige Jodwasserstoff zuletzt gänzlich entfernt.

Moosstärke giebt sich als eine Uebergangsstufe zum Dextrin oder auch zum Inulin dadurch zu erkennen, daß sie mit Jod nicht blau, sondern gelb gefärbt wird. Neben der Moosstärke kommt aber gewöhnliches Stärkmehl in Flechten vor. Dichte Lösungen nehmen deshalb mit Jod eine grüne Farbe an, während sich verdünnte Mischungen in eine obere blaue und eine untere gelbe Schichte trennen. In dieser gelben Schichte ist auch Inulin vorhanden, das im Verhalten zu Jod mit der Moosstärke übereinstimmt. Dagegen entfernt sich die Moosstärke vom Inulin wieder dadurch, daß sie, wie das gewöhnliche Stärkmehl, durch Bleiessig gefällt wird (Mulder).

Während sich die Stärkekörner aus Gefäßpflanzen hauptsächlich durch ihre Größe, durch ihre Gestalt und durch die Dichtigkeit ihres Kleisters von einander unterscheiden (Pfaff), finden sich in dem Verhalten der Stärke verschiedener Flechten bedeutendere Abweichungen. Beim Verdunsten bedeckt sich die Moosstärke von Cetraria

islandica und die von Lichen fastigiatus mit einer Haut. Während nun die Stärke des Isländischen Mooses beim Erkalten gallertig gesteht, ist dies nicht der Fall mit dem Stärkmehl von Lichen fastigiatus und Lichen fraxineus. Die beiden letzteren Stärkmehlarten werden überdies durch Galläpfeltinctur nicht gefällt. Die Stärke von Lichen fraxineus giebt mit Bleiessig gar keinen, die von Lichen fastigiatus nur einen gallertig durchsichtigen Niederschlag (Mulder).

Aus zerriebenen Kartoffeln bereitet man das Stärkmehl, indem man sie in grober Leinwand unter Wasser knetet. Dann dringt durch die Maschen milchichtes Wasser, aus welchem die Stärkekörner sich absetzen, die man durch Waschen mit kaltem Wasser reinigt.

Um die Moosstärke aus Flechten zu gewinnen, befreit man den Pflanzentheil durch Kali von seinem Bitterstoff (Cetraria islandica z. B. von der Cetrarsäure). Dann kocht man die Flechten mit Wasser aus, filtrirt die erkaltete Flüssigkeit und läßt die Stärke sich absetzen. Ein schwarzfärbender Stoff wird nach Guérin-Varry dadurch entfernt, daß man die siedendheiße Lösung mit Alkohol versetzt. Es entsteht ein farbloser Niederschlag, der beim Trocknen gelblich wird.

§. 9.

Eine Abart, die sich bereits weiter von dem Stärkmehl entfernt, als die Moosstärke, ist das Inulin, das nach Schleiden und Mohl bisweilen in Körnchen vorkommt [1]).

Obgleich es etwas unwahrscheinlich klingt, wenn Mulder [2]) dem Inulin eine weit größere Verbreitung im Pflanzenreich beilegt, als dem gewöhnlichen Stärkmehl, so ist doch nicht zu läugnen, daß es in den Wurzeln von Dahlia, Inula Helenium, Leontodon Taraxacum, Cichorium Intybus, überhaupt in den Wurzeln sehr vieler Syngenesisten reichlich vorhanden ist. Daher die älteren Namen Dahlin, Helenin, Synantherin, ferner Datiscin von Datisca cannabina.

Für die Zusammensetzung ist $C^{12}H^{10}O^{10}$ unzweifelhaft der wahre Ausdruck, der auch von Mulder für das Inulin aus Inula

1) Mohl, a. a. O. S. 208.

2) Physiologische Chemie S. 227.

Helenium und Leontodon Taraxacum gefunden wurde. Denn die von Parnell und Croockewit für das Inulin der Georginenwurzel erhaltenen Zahlen, aus welchen diese Forscher die Formel $C^{24} H^{21} O^{21}$ ableiteten, beziehen sich höchst wahrscheinlich auf ein mit Zucker verunreinigtes Inulin.

Das Inulin, für welches Mulder's Formel gefunden wurde, ist nämlich in kaltem Wasser schwer löslich, es wird aber durch bloßes Kochen in Wasser nach und nach in Zucker und dadurch in ein leichter lösliches Gemenge verwandelt. Da nun mit der Löslichkeit des Inulins zugleich der Wasserstoff und Sauerstoff zunehmen, da ferner Zucker leicht in Wasser löslich und reicher an Wasserstoff und Sauerstoff ist als das Inulin, so muß gewiß angenommen werden, daß Parnell und Croockewit mit Zucker vermischtes Inulin untersucht haben.

Warmes Wasser löst Inulin auf. Beim Erkalten setzt sich das Inulin pulverförmig ab; es tritt keine Kleisterbildung ein. In Alkohol und Aether ist das Inulin unlöslich.

Nicht nur durch langes Kochen, auch durch Essigsäure wird Inulin in unkrystallisirbaren Zucker verwandelt (Payen).

Jod ertheilt dem Inulin eine gelbe Farbe (Mulder). Durch Bleizucker und Kalkwasser wird die Inulinlösung nicht, durch Barytwasser nur schwach und nur in der Kälte getrübt.

Inulinlösungen lenken den polarisirten Lichtstrahl nach links.

Man bereitet sich Inulin, indem man die Wurzeln einer der obengenannten Pflanzen, z. B. Georginenwurzeln in grober Leinwand zu einem Brei zerreibt und das Wasser durch die Maschen drückt. Das Wasser fließt milchicht durch und das Inulin setzt sich daraus beim Stehen ab. Weil sich das Inulin auf einem Filter nicht waschen läßt, so rührt man es in einem Gefäß so lange wiederholt mit Wasser an, bis dieses rein über dem Brei steht. Bisweilen setzt sich das Inulin nicht ab. Dann wird es mit Wasser gekocht, wobei das Eiweiß gerinnt und entfernt wird. Darauf fällt das Inulin beim Erkalten pulverförmig nieder und es braucht dann nur noch mit kaltem Wasser und Alkohol ausgewaschen zu werden. Es ist aber immer mit etwas Zucker verunreinigt.

§. 10.

In der Verbreitung durch die Pflanzenwelt hat das Dextrin, eine Art von Gummi, die größte Aehnlichkeit mit dem löslichen Eiweiß, indem es gewöhnlich in den betreffenden Pflanzentheilen nicht reichlich enthalten ist, aber wohl selten irgend einem Pflanzensaft ganz fehlt.

Zellstoff, Stärkmehl, kurz die wichtigsten unlöslichen Körper dieser Gruppe können nur durch die Umwandlung in Dextrin in lösliche Formen übergeführt werden. Eine Ortsbewegung derselben ist durchaus an Dextrinbildung geknüpft.

Zu dem Dextrin verhält sich das gewöhnliche, das sogenannte arabische oder Mimosen-Gummi, dem Vorkommen nach ganz ähnlich wie das ungelöste Pflanzeneinweiß zu dem löslichen. Das arabische Gummi findet sich nur in wenigen Pflanzen; gewöhnlich ist es durch die Rinde von **Mimosa**- und **Prunus**-Arten ausgeschwitzt und dann mit Harzen verunreinigt. Daher die Namen Mimosengummi, Kirschgummi, **Cerasin**, welche mit **Gummi arabicum**, **Gummi Senegal**, **Arabin** gleiche Bedeutung haben. Nach Mohl findet sich Gummi in den Intercellulargängen der Linden und Cycadeen [1]).

Dextrin und Gummi werden beide ausgedrückt durch die Formel $C^{12} H^{10} O^{10}$.

Sie werden beide mit großer Leichtigkeit in Wasser gelöst. Die Dextrinlösung lenkt aber den polarisirten Lichtstrahl zur Rechten, die Gummilösung zur Linken.

In Alkohol und Aether sind Dextrin und Gummi unlöslich.

Gummi gerinnt durch den Zusatz von wenig Kali aus seiner Lösung und scheint sich dabei wie eine schwache Säure zu verhalten. Ueberschüssiges Kali löst das Gerinnsel auf; in dieser Lösung entsteht ein käsig flockiger Niederschlag durch Alkohol.

Dextrin dagegen wird durch Kali nicht gefällt. Setzt man zu der kalihaltigen Dextrinlösung schwefelsaures Kupferoxyd, dann entsteht eine tiefblaue Lösung, die durch Erwärmung bis zu 85° C. das Kupferoxyd in einen rothen, krystallinischen Niederschlag von Kupferoxydul verwandelt [2]).

---

1) Mohl, a. a. O. S. 195.

2) Delffs, reine Chemie, zweite, gänzlich umgearbeitete Auflage, Kiel 1845. II. S. 201.

Beide Gummiarten werden, wenn man ſie mit Diaſtaſe oder mit Säuren erwärmt, in Stärkezucker umgeſetzt, der im Weſentlichen mit Traubenzucker übereinſtimmt. Gummi erleidet aber dieſe Umwandlung langſamer als Dextrin [1]). Daß alles Dextrin in Zucker übergegangen iſt, wird dadurch erkannt, daß die reine Zuckerlöſung mit Alkohol keinen Niederſchlag giebt. Weil aber die Diaſtaſe auch in Alkohol unlöslich iſt, muß man bei dieſer Probe die Umſetzung durch Schwefelſäure einleiten.

Die gewöhnlichen Gummiarten, mit Salpeterſäure behandelt, liefern Schleimſäure ($C^6 H^4 O^7 + HO$), das Dextrin dagegen nur Kleeſäure ($C^2 O^3$).

Um das Dextrin darzuſtellen, erwärmt man am beſten in Waſſer vertheiltes Stärkmehl mit Schwefelſäure bis zu 60°. Aus der filtrirten Löſung wird das Dextrin (Stärkegummi) durch Alkohol gefällt und mit Alkohol gewaſchen. Man kann die durchgelaufene Flüſſigkeit aber auch eindampfen und dann mit Alkohol reinigen.

Gummi gewinnt man, indem man das unrein ausgeſchwitzte Kirſchgummi oder Mimoſengummi in Waſſer löſt, die Löſung durch Verdunſten verdichtet und mit Weingeiſt niederſchlägt.

Das Gummi iſt die bekannte weiße, mehr oder minder riſſige, ſchwach durchſichtige Maſſe von muſchligem Bruch; Dextrin iſt nicht riſſig und beſitzt einen matteren Glanz und geringere Durchſichtigkeit.

Ein dem Dextrin verwandter Stoff iſt der Pflanzenſchleim, der vorzüglich in dem Traganthgummi von **Astragalus verus**, in den Salepknollen der Orchis-Arten, in den Quittenkernen von **Pyrus Cydonia**, in den Samen von **Plantago Psyllium**, **Linum usitatissimum**, ſodann in den **Borragineen** und **Malvaceen** vorkommt. Der Pflanzenſchleim iſt nach Harting und Mulder der kruſtenbildende Stoff der Zellen von **Sphaerococcus crispus**, und er ſetzt die Zellwände der Samen von **Iris cruciata** und **Alstroemeria aurea** zuſammen. Das Carrhageenin iſt vom Pflanzenſchleim nicht weſentlich verſchieden, ebenſo wenig das Baſſorin.

Nach der Analyſe von C. Schmidt iſt der Pflanzenſchleim mit Dextrin und Gummi iſomer.

In den Eigenſchaften unterſcheidet ſich der Pflanzenſchleim von den beiden letztgenannten Stoffen hauptſächlich dadurch, daß er ſich

1) Delffs, a. a. O. S. 203.

viel schwerer im Wasser löst, eigentlich in demselben nur aufquillt. Alkohol und Aether lösen den Pflanzenschleim nicht. Nach Schmidt besitzt dieser Körper, ebenso wie die übrigen Gummi-Arten, die wichtige Eigenschaft, durch Säuren in Zucker übergeführt zu werden.

Man bereitet den Pflanzenschleim am besten, indem man Traganthgummi in Wasser vertheilt, und dann mit Alkohol, dem man, um die Salze zu lösen, etwas Salzsäure zusetzt, fällt. Durch wiederholte Vertheilung in Wasser und Versetzung mit Alkohol wird der Pflanzenschleim gereinigt.

§. 11.

Nicht ganz so allgemein wie Dextrin ist der Zucker verbreitet. Am häufigsten wird von den verschiedenen Zuckerarten der Traubenzucker gefunden, so in den verschiedenartigsten Früchten, namentlich in Trauben, Feigen, Pflaumen, in vielen Wurzeln, z. B. den Möhren, Schwarzwurzeln, Rapunzeln [1]), in den Nektarien der Blüthen und in den verschiedensten anderen Pflanzentheilen.

Das Vorkommen des Rohrzuckers ist schon aus dem Grunde beschränkter, weil derselbe in sauren Pflanzensäften nicht bestehen kann. Er findet sich vorzugsweise im Zuckerrohr, im Zuckerahorn und in den Runkelrüben.

Krystallisirter Traubenzucker hat die Formel $C^{12}H^{12}O^{12} + 2HO$, krystallisirter Rohrzucker $C^{12}H^{11}O^{11}$.

Beide Zuckerarten lösen sich in Wasser und besitzen die Fähigkeit zu krystallisiren.

Durch den Mangel der Krystallisationsfähigkeit unterscheidet sich der Stärkezucker, der auch Fruchtzucker und von den französischen Chemikern Glucose genannt wird, vom Traubenzucker. Der Traubenzucker lenkt, wie der Rohrzucker, den polarisirten Lichtstrahl nach rechts, der Fruchtzucker im engeren Sinne nach links. Weil man den Rohrzucker in Fruchtzucker verwandeln und damit das Verhalten zum polarisirten Lichtstrahl umkehren kann, nennen die Franzosen den Fruchtzucker auch Sucre interverti.

---

1) Vgl. Jac. Moleschott, die Physiologie der Nahrungsmittel, Darmstadt 1850. S. 357—359.

In Weingeiſt wird nur eine geringe Menge von dieſen Zuckerarten gelöſt, Rohrzucker und Fruchtzucker jedoch etwas leichter als der Traubenzucker, welcher letztere auch mehr Waſſer zur Auflöſung erfordert. Kalter abſoluter Alkohol und Aether löſen die Zuckerarten nicht. Siedender Alkohol nimmt aber Ein Hundertſtel Rohrzucker und etwas weniger Traubenzucker auf.

Wird eine Auflöſung von Traubenzucker und Kali ſo lange mit ſchwefelſaurem Kupferoxyd verſetzt, als ſich der gebildete Niederſchlag von baſiſch ſchwefelſaurem Kupferoxydhydrat wieder löſt, dann entſteht in kurzer Zeit eine Fällung von gelbem Kupferoxydulhydrat, von rothem waſſerfreiem Kupferoxydul oder auch von braunem metalliſchem Kupfer; das letztere beſonders beim Erhitzen. Beim Rohrzucker erfolgt dieſe Reduction des Kupferoxyds erſt in viel längerer Zeit.

Von den beiden Hauptarten des Zuckers iſt nur der Traubenzucker unmittelbar gährungsfähig, d. h. er wird durch Hefe in Alkohol und Kohlenſäure umgeſetzt. Rohrzucker erleidet die Gährung, wenn er durch Säuren in Traubenzucker übergeführt iſt.

Wenn man den kryſtalliſirten Traubenzucker längere Zeit bei 100° erhitzt, dann verliert er 2 Aeq. Waſſer und verwandelt ſich in Fruchtzucker. Aus

$$C^{12} H^{12} O^{12} + 2\,HO \text{ wird } C^{12} H^{12} O^{12}.$$

Nach Soubeiran läßt ſich der Rohrzucker, wenn er in wäſſriger Löſung im Waſſerbad bei Abſchluß der Luft längere Zeit erhitzt wird, ebenſo gut wie durch Säuren, in Stärkezucker verwandeln, der den polariſirten Lichtſtrahl zur Linken ablenkt [1]).

Um Traubenzucker darzuſtellen, verſetzt man den Staub getrockneter Feigen oder Pflaumen mit Waſſer. Die wäſſrige Löſung wird mit baſiſch eſſigſaurem Blei gefällt, um das Gummi zu entfernen, überſchüſſiges Blei durch Schwefelwaſſerſtoff ausgeſchieden. Darauf wird die Löſung durch Thierkohle entfärbt, bis zur Syrupsdicke eingedampft und ſich ſelbſt überlaſſen. In einigen Tagen ſchießt der Traubenzucker in körnigen Kryſtallen an.

Erhitzt man den Saft des Zuckerrohrs mit Kalk, dann wird das Eiweiß ausgeſchieden. Der geklärte Saft wird eingeſotten. Je vorſichtiger man die Erhitzung leitet, deſto größer iſt die Menge des

1) Journ. de pharm. et de chim., 3e sér. T. XVI, p. 262.

Rohrzuckers, die beim Erkalten in Kryſtallen anſchießt. Bei höheren Wärmegraden wird nämlich der Zucker zu unkryſtalliſirbarem Syrup. Um die Wärme weniger hoch ſteigern zu müſſen, läßt Howard den Zuckerſaft in luftleer gepumpten Keſſeln eindampfen.

Als Anhang zum Zucker verdient der Schwammzucker Erwähnung. Er iſt ein Gemenge von Traubenzucker und Mannit. Nicht nur in Schwämmen findet er ſich, ſondern auch in manchen Algen, Zwiebeln, in der Queckenwurzel (von **Triticum repens**), im Splint von **Pinus**-Arten und ganz beſonders in der Manna von **Fraxinus Ornus**.

Knop hat nach Analyſen von Stenhouſe dem Mannit die Formel $C^{12}H^{14}O^{12}$ zugewieſen.

Der Mannit iſt löslich in Waſſer, ebenſo in heißem Weingeiſt und Alkohol, aus welchen Flüſſigkeiten er in Kryſtallen gewonnen wird. In kaltem Weingeiſt und Aether wird der Mannit nicht gelöſt. Er iſt nicht gährungsfähig.

Man erhält Mannit aus der Manna, aus Queckenwurzeln oder anderen Pflanzentheilen, indem man ſie mit kochendem Alkohol auszieht; beim Erkalten ſcheidet ſich der Mannit in feinen Kryſtallen aus, die durch Umkryſtalliſiren gereinigt werden.

Der Traubenzucker wird leicht in Mannit und Milchſäure umgewandelt. Deshalb iſt der Mannit gewiß in manchen Pflanzentheilen nur ein Erzeugniß der Zerſetzung.

§. 12.

Ein Körper, der ſich zwar durch ſeine Zuſammenſetzung von dem Stärkmehl und den zunächſt zur Stärkmehlreihe gehörigen Stoffen unterſcheidet, aber eine ähnliche Reihe von Umwandlungsſtufen durchmachen kann, iſt die Grundlage der gallertartigen Pflanzenſtoffe. Frémy nennt dieſen Stoff Pektoſe. Ich will ihn Fruchtmark nennen.

Das Fruchtmark iſt der Stoff, der in den unreifen Früchten die Zellſtoffwände der Zellen verdickt, zum Theil aber auch mit dem Zellſtoff ſelbſt vermiſcht oder endlich zwiſchen den einzelnen Zellen als ſogenannte Intercellularſubſtanz gelagert iſt. Häufig findet ſich dieſes Fruchtmark ferner in Wurzeln, ſo z. B. in reichlicher Menge in

den weißen Rüben als wahrer krustenbildender Stoff um die Zellstoffwände herum. Die Milchsaftgefäße von **Euphorbia caput Medusae**, deren innere Wand aus Zellstoff besteht, scheinen ebenfalls von Fruchtmark umgeben zu sein. Ueberhaupt kann die Pektose den Zellstoff in den verschiedensten Pflanzentheilen begleiten. (Harting und Mulder, Frémy).

Mit dem Fruchtmark, so wie es in den Pflanzen enthalten ist, konnte bisher keine Analyse vorgenommen werden, weil es sich ohne Zersetzung nicht von dem Zellstoff, dem Eiweiß, Dextrin und anderen allgemein verbreiteten Bestandtheilen trennen läßt. In seinem ursprünglichen Zustande ist es nach Frémy unlöslich in Wasser, Alkohol und Aether [1]).

Durch bloßes Kochen läßt sich das Fruchtmark in Pektin verwandeln. Das Pektin ist der eigentliche Gallertbildner, aus welchem die gallertartigen Stoffe des Pflanzenreichs unmittelbar hervorgehen können. Wenn die Pektinlösung gekocht wird, dann verwandelt sich das Pektin in Parapektin. Kocht man endlich Parapektin in verdünnten Säuren, dann entsteht ein dritter Stoff, den Frémy Metapektin nennt.

Pektin, Parapektin und Metapektin werden alle drei durch die Formel $C^{64} H^{48} O^{64}$ ausgedrückt.

Verdünnte Kalilauge verwandelt Pektin, Metapektin und Parapektin erst in Pektosinsäure, $C^{32} H^{20} O^{31}$, und bei längerer Einwirkung in Pektinsäure, $C^{32} H^{22} O^{30}$. Diese beiden Säuren sind die eigentlichen gallertartigen Stoffe, die man aus den Früchten gewinnen kann. Ich werde deshalb die Pektosinsäure auch saure Pflanzengallerte und die Pektinsäure Gallertsäure nennen.

Die Gallertsäure kann wieder zwei lösliche, nicht gallertig gestehende Säuren liefern. Wenn sie nämlich einige Stunden unter fortwährender Ersetzung des verdampfenden Wassers gekocht wird, dann entsteht erst die Parapektinsäure, $C^{24} H^{17} O^{23}$. Setzt man aber das Kochen mehre Tage lang fort, dann entsteht die Uebergallertsäure oder Metapektinsäure, $C^{8} H^{7} O^{9}$.

---

1) Vgl. Frémy in Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXVII. S. 259 u. folg. Diese Arbeit Frémy's liegt vorzugsweise der folgenden Darstellung zu Grunde.

Unter der Annahme, daß ein Theil des Waſſerſtoffs und Sauerſtoffs als Waſſer in den aufgezählten Verbindungen ſteckt, findet ein überraſchender Zuſammenhang zwiſchen den obigen Formeln ſtatt. Es laſſen ſich dieſelben nämlich auf $C^8 H^5 O^7$ oder ein Vielfaches dieſes Ausdrucks nebſt Waſſer zurückführen. So werden dann:

Pektin, Parapektin und Metapektin $= 8 (C^8 H^5 O^7) + 8 HO$.
Saure Pflanzengallerte, Pektoſinſäure $= 4 (C^8 H^5 O^7) + 3 HO$.
Gallertſäure, Pektinſäure . . . $= 4 (C^8 H^5 O^7) + 2 HO$.
Parapektinſäure . . . . . $= 3 (C^8 H^5 O^7) + 2 HO$.
Uebergallertſäure, Metapektinſäure . $= C^8 H^5 O^7 + 2 HO$.

Von dieſen Stoffen findet ſich das Pektin oder der eigentliche Gallertbildner niemals in unreifen Früchten. Dagegen iſt es im Safte reifer Früchte, in entwickelten Wurzeln und anderen Pflanzentheilen vorhanden.

Parapektin wurde von Frémy gleichfalls in reifen Früchten gefunden.

Die Pektinſäure, welche man aus Früchten und Wurzeln erhält, iſt größtentheils ein Erzeugniß der Zerſetzung des Fruchtmarks oder des Gallertbildners. Nach Frémy iſt indeß in den Wurzeln bisweilen fertiggebildete Gallertſäure enthalten, und zwar in alten mehr als in jungen. In weißen Rüben fand Mulder weder Pektinſäure, noch Parapektinſäure [1]).

Endlich wurde auch die Uebergallertſäure (Metapektinſäure) von Frémy in der Natur nachgewieſen. Wenn nämlich die Frucht nahe daran iſt, ſich zu zerſetzen, dann findet ſich in der Regel keine Spur von Pektin mehr. Der Gallertbildner hat ſich in Uebergallertſäure verwandelt, die an Kali oder Kalk gebunden iſt.

§. 13.

Ich habe ſchon angeführt, daß das Fruchtmark in Waſſer, Alkohol und Aether unlöslich iſt, und daß es ſich durch bloßes Kochen mit Waſſer in den eigentlichen Gallertbildner, in das Pektin, verwandelt. Dieſe Umwandlung wird noch kräftiger herbeigeführt, wenn

1) Scheikundige onderzoekingen, Deel III, p. 242, 243.

man das Fruchtmark auch nur mit ſehr verdünnten Säuren kocht. Die Eſſigſäure übt indeß keinen merklichen Einfluß auf das Fruchtmark [1]). Durch Alkalien wird die Umſetzung deſſelben gleich weiter geführt, indem dann die Pektoſe in der Wärme ſehr raſch in gallertſaure Salze übergeht.

In allen Geweben, welche Fruchtmark enthalten, findet ſich ein eigenthümlicher Gährungserreger, den Frémy Pektaſe nennt und den ich als Fruchthefe bezeichnen will. Nach Frémy läßt ſich dieſer Stoff in jeder Beziehung mit der Gerſtenhefe und der Mandelhefe vergleichen. Ob die Fruchthefe Stickſtoff enthält und alſo den eiweißartigen Körpern anzureihen iſt, wurde von Frémy nicht ausdrücklich angegeben. Sie iſt, ſo wie ſie in Aepfeln und anderen ſauren Früchten vorkommt, unlöslich in Waſſer, in Wurzeln dagegen, z. B. in Mohrrüben, Runkelrüben und anderen, in Waſſer löslich; ſie beſitzt die wichtige Eigenſchaft, das Fruchtmark in den Gallertbildner und dieſen in die ſaure Pflanzengallerte und in Gallertſäure zu verwandeln. Dieſe Pektingährung, wie ſie Frémy nennt, wird durch eine Wärme von 30° C. weſentlich unterſtützt; ſie erfolgt aber auch beim Abſchluß der Luft. Obgleich die Fruchthefe aus ihrer wäſſrigen Löſung durch Alkohol gefällt wird, verliert ſie dabei ihre Wirkſamkeit nicht. Dagegen verſchwindet die gährungerregende Kraft der Pektaſe, wenn dieſe längere Zeit gekocht oder auch bei gewöhnlichem Wärmegrade in Waſſer ſich ſelbſt überlaſſen bleibt. Eine Löſung der Fruchthefe bedeckt ſich nämlich ſehr bald mit Schimmel.

Pektin, Parapektin und Metapektin ſind in Waſſer löslich und das Pektin bildet in dichten Löſungen einen gummiartigen Schleim. Durch Alkohol werden ſie alle drei aus den wäſſrigen Löſungen gefällt, und zwar das Pektin aus verdünnter Löſung gallertartig, aus einer dichten Löſung in langen Fäden.

Pektin und Parapektin ſind weder ſauer, noch baſiſch. Pektin verbindet ſich nicht mit Kalk. Es wird durch neutrales eſſigſaures Bleioxyd nicht, durch baſiſches dagegen wohl gefällt. Das Parapektin unterſcheidet ſich vom Pektin dadurch, daß es durch neutrales eſſigſaures Bleioxyd reichlich niedergeſchlagen wird.

---

1) Frémy, a. a. O. S. 260.

Für das Metapektin, das sich von Pektin und Parapektin schon durch seine saure Beschaffenheit unterscheidet, ist die Fällbarkeit mit Chlorbaryum ein eigenthümliches Merkmal.

Durch kochendes Wasser geht Pektin in das viel löslichere, in der Lösung nicht gummiartige Parapektin über, und dieses verwandelt sich in Metapektin, wenn es mit verdünnten Säuren gekocht wird. Das Metapektin verbindet sich mit Salzsäure, Schwefelsäure und Kleesäure zu gallertigen, löslichen Körpern, welche häufig das Pektin verunreinigen.

Fruchthefe verwandelt Pektin erst in Pektosinsäure und dann in Pektinsäure. Durch ätzende und kohlensaure Alkalien, sowie durch alkalische Erden, verwandeln sich Pektin und Parapektin beinahe augenblicklich in Pektinsäure; die Stufe der Pektosinsäure wird gleich verlassen. Noch kräftiger ist die Einwirkung der Säuren, welche Pektin in Metapektinsäure verwandeln.

Reines Pektin ist niemals gallertartig. Den Namen Gallertbildner verdient es aber deshalb, weil die Pektosinsäure und die Pektinsäure, die ich oben saure Pflanzengallerte und Gallertsäure nannte, aus ihm hervorgehen. Daher quellen Zellwände, die Pektose enthalten, durch das Kochen in Wasser anfangs auf. Beide diese Säuren sind die eigentlich gallertartigen Stoffe. Die saure Pflanzengallerte ist kaum löslich in kaltem Wasser und bei der Gegenwart von Säuren vollständig unlöslich; in kochendem Wasser wird sie aber gelöst und gesteht aus der Lösung gallertig beim Erkalten. Kochendes Wasser führt die saure Pflanzengallerte rasch in Gallertsäure über. Diese ist in kaltem Wasser gar nicht und in warmem kaum etwas löslich.

Nach Mulder ist die Gallertsäure löslich in Dextrin, in Fruchtzucker und Pektinlösungen [1]). Mit dem Zucker bildet sie eine lösliche und eine unlösliche Verbindung.

Lösliche gallertsaure Salze geben in einer ammoniakalischen Lösung von essigsaurem Bleioxyd basische Niederschläge (Frémy.)

Die Doppelsalze von pektinsaurem und äpfelsaurem, kleesaurem oder citronensaurem Alkali sind dem Pektin sehr ähnlich; sie sind lös-

1) Scheikundige onderzoekingen eel III, p. 251, 252.

lich in Wasser und werden aus der wässerigen Lösung durch Alkohol gallertig gefällt. Wenn das Pektin selbst gallertig erscheint, ist es nach Frémy in der Regel durch solche Doppelsalze verunreinigt.

Wenn man die Gallertsäure einige Stunden in Wasser kocht, dann verwandelt man dieselbe in Parapektinsäure, die in Wasser löslich ist und mit den Alkalien lösliche Verbindungen eingeht. Deshalb werden die Zellwände, in welchen der Zellstoff mit Fruchtmark vermischt ist, durch lange fortgesetztes Kochen durchsichtig. Die Alkalisalze werden durch Alkohol aus ihren Lösungen gefällt. Ueberschüssiges Barytwasser erzeugt in der Lösung der Parapektinsäure einen Niederschlag.

Dieser Niederschlag unterscheidet die Parapektinsäure von der Metapektinsäure oder Uebergallertsäure, welche durch Barytwasser nicht gefällt wird. Die in Wasser lösliche Uebergallertsäure bildet nämlich mit allen Basen lösliche Salze. Von Kalkwasser und neutralem, essigsaurem Bleioxyd wird sie nicht gefällt, wohl aber durch Bleiessig. Wenn sie lange gekocht wird, zerfällt sie in Ulminsäure und Kohlensäure.

Je weiter sich die Körper der Pektinreihe von dem Fruchtmark (der Pektose) entfernen, desto saurer ist ihre Beschaffenheit. Während Pektin und Parapektin neutral sind, wird von Metapektin Lackmus geröthet, und in der Reihe: Pektosinsäure, Pektinsäure, Parapektinsäure und Metapektinsäure besitzt jede später genannte eine größere Sättigungscapacität als die zunächst vorhergehende.

Nach Frémy läßt sich Pektin durchaus nicht in Zucker umwandeln. Die Parapektinsäure und die Metapektinsäure sind aber dadurch ausgezeichnet daß sie weinsaures Kupferoxyd-Kali, ebenso wie der Zucker, reduciren. Wo man also die Anwesenheit von Pektinstoffen vermuthen kann, darf die Reduction der Kupferoxydsalze nur mit Vorsicht zur Erkennung des Zuckers angewandt werden.

§. 14.

Es ist sehr schwer das Pektin oder den Gallertbildner rein darzustellen, weil derselbe sich so leicht umsetzt durch eben die Mittel, welche man zu seiner Reinigung gebraucht. Daher rühren nach

Frémy die ſo überaus widerſprechenden Angaben über die Beſchaffenheit und die Zuſammenſetzung dieſes Körpers.

Die Darſtellung gelingt am beſten, wenn man den Saft reifer Birnen auspreßt und den Kalk durch Kleeſäure, das Eiweiß durch eine ſtarke Gerbſtofflöſung fällt. Dann wird durch Alkohol das Pektin in langen, gallertartigen Fäden ausgeſchieden. Dieſe Fäden wäſcht man mit Alkohol, löſt ſie von Neuem in Waſſer auf und fällt ſie wieder durch Alkohol. Dieſes Verfahren wird ſo lange wiederholt, bis das Pektin keine organiſche Säure und keinen Zucker mehr enthält. Aus dem Pektin bereitet man das Parapektin durch mehrſtündiges Kochen mit Waſſer. Das Parapektin liefert Metapektin beim Kochen mit verdünnten Säuren.

Gallertſäure und ſaure Pflanzengallerte werden am beſten aus dem Gallertbildner dargeſtellt. Wenn man das Pektin mit wenig kohlenſaurem Natron kocht, entſteht die Pektoſinſäure. Wendet man mehr kohlenſaures Natron an, dann geht die anfangs gebildete Pektoſinſäure in Pektinſäure über. Durch Salzſäure werden die Säuren ausgeſchieden und ſchließlich mit Waſſer gewaſchen.

Parapektinſäure kann bereitet werden, indem man die Gallertſäure oder gallertſaure Salze einige Stunden hindurch mit Waſſer kocht und das verdunſtende Waſſer beſtändig erſetzt.

Die Uebergallertſäure erhält man, wenn man den Gallertbildner mit verdünnten Säuren kocht, oder auch wenn man denſelben mit einem Ueberſchuß von Kali oder Natron behandelt.

§. 15.

Zur Beurtheilung der Mengenverhältniſſe der ſtärkmehlartigen Körper theile ich hier unten einige der zuverläſſigeren Zahlen mit, welche bisher bekannt geworden ſind [1]).

In 100 Theilen.

Zellſtoff in Kirſchen	1,12 Bérard.
„ in Weizen	1,75 Mittel aus 8 Analyſen, Vauquelin, Péligot.

1) Auch für die hier mitgetheilten arithmetiſchen Mittel findet man die Einzelzahlen in meiner Phyſiologie der Nahrungsmittel, Darmſt. 1850.

In 100 Theilen.

Zellſtoff	in Pfirſichen . . .	1,86	Bérard.
„	in Birnen	2,19	Bérard.
„	in Mandeln . . .	4,50	Mittel aus 2 Analyſen, Vogel, Boullay.
„	in Bohnen	5,64	Mittel aus 3 Analyſen, Einhof, Braconnot, Horsford und Krocker.
„	in Roggen	6,38	Einhof.
„	in Kartoffeln . . .	7,14	Mittel aus 9 Analyſen, Einhof, Lampadius, Henry.
„	in Stachelbeeren . .	8,01	Bérard.
„	in der Kokosnuß . .	9,05	Mittel aus 2 Analyſen, Brandes, Büchner.
„	in Hafer	11,30	Chriſtiſon.
„	in Erbſen	14,15	Mittel aus 2 Analyſen, Einhof Braconnot.
„	in Gracilaria lichenoides	18,00	O'Shaugneſſy.
„	in Linſen	18,75	Einhof.
„	in Tamarinden . .	34,35	Vauquelin.
„	in Helvella mitra .	39,60	Schrader.
„	in Muskatnuß . .	54,00	Bonaſtre.
Stärkmehl	in Kartoffeln . .	14,15	Mittel aus 9 Analyſen, Einhof, Lampadius, Henry.
„	in Gracilaria lichenoides . . .	15,00	O'Shaugneſſy.
„	in den Wurzeln von Dioscorea triphylla	15,51	Mittel a. 3 Analyſen, Shier.
„	in der Wurzel von Maranta arundinacea	20,92	Mittel aus 3 Analyſen, Shier und Benzon.
„	in Jatropha Loeflingii . . .	6,92	Shier.
„	in Linſen . . .	36,40	Mittel aus 2 Analyſen, Einhof, Horsford und Krocker.

	In 100 Theilen.	
Stärkmehl in Erbſen . . .	37,51	Mittel aus 2 Analyſen, Einhof, Braconnot.
„ in Bohnen . . .	38,59	Mittel aus 3 Analyſen, Einhof, Braconnot, Horsford und Krocker.
„ in Cetraria islandica	57,30	Mittel aus 2 Analyſen, Berzelius, Knop und Schnedermann.
„ in Roggen . . .	61,07	Einhof.
„ in Weizen . . .	64,20	Mittel aus 25 Analyſen, Vauquelin, Vogel, Zenneck, Péligot.
„ in Hafer . . .	65,90	Mittel aus 2 Analyſen, Vogel, Chriſtiſon.
„ in Gerſte . . .	67,18	Einhof und Prouſt.
„ in Mais . . .	77,00	Gorham.
„ in Reis	84,48	Mittel aus 2 Analyſen, Braconnot.
Inulin in den Wurzeln von Helianthus tuberosus	2,43	Mittel aus 2 Analyſen, Braconnot, Payen, Poinſot und Féry.
Dextrin in Reis	0,94	Mittel aus 3 Analyſen, Braconnot, Gorham.
„ in Birnen	2,07	Bérard.
„ in Mais	2,22	Mittel aus 3 Analyſen, Bizio, Gorham.
„ in Hafer	2,50	Vogel.
„ in Mandeln	3,00	Mittel aus 2 Analyſen, Vogel, Boullay.
„ in Cetraria islandica .	3,70	Berzelius.
„ in Gerſte	4,62	Einhof und Prouſt.
„ in Pfirſichen	5,12	Bérard.
„ in Helvella mitra .	5,40	Schrader.
„ in Weizen	6,11	Mittel aus 22 Analyſen, Vauquelin, Péligot.
„ in Erbſen	6,37	Einhof.

	In 100 Theilen.	
Dextrin in Roggen	11,09	Einhof.
„ in Linſen	15,52	Mittel aus 2 Analyſen, Einhof, Horsford und Krocker.
„ in Bohnen	19,37	Einhof.
Traubenzucker in Bohnen . .	0,20	Braconnot.
„ in Gurken . . .	1,66	John.
„ in Erbſen . . .	2,05	Mittel aus 2 Analyſen, Einhof, Braconnot.
„ in Linſen . . .	3,12	Einhof.
„ in Cetraria islandica	3,60	Berzelius.
„ in Mandeln . .	6,25	Mittel aus 2 Analyſen, Vogel, Boullay.
„ in Birnen . .	11,52	Bérard.
„ in Tamarinden .	12,50	Vauquelin.
„ in den Wurzeln von Helianthus tuberosus . .	14,75	Mittel aus 2 Analyſen, Braconnot, Payen, Poinſot und Féry.
Traubenzucker in Pfirſichen . .	16,48	Bérard.
„ in Kirſchen . .	18,20	Bérard.
„ in Reine Clauden	24,81	Bérard.
„ in Hagebutten .	30,60	Bilz.
„ in Feigen . . .	62,50	Pereira.
Rohrzucker in Runkelrüben . .	8,46	Mittel aus 13 Analyſen, Hermann, Péligot.
„ in Zuckerrohr . . .	18,02	Payen.
Mannit in Helvella mitra . .	2,00	Schrader.
Pektin in den Wurzeln von Helianthus tuberosus	0,37	Payen, Poinſot und Féry.
Pektin in Tamarinden . . .	6,25	Vauquelin.
„ in Gracilaria lichenoides	55,50	D'Shaugneſſy.
Pektinſäure in den Wurzeln von Helianthus tuberosus . .	0,92	Payen, Poinſot und Féry.

§. 16.

Da die ganze Gruppe der stärkmehlartigen Körper nur Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff enthält, und da wir wissen, daß die Pflanzen das Wasser, welches ihre Wurzeln, und die Kohlensäure, welche ihre Blätter aufnehmen, zerlegen, so kann es keinem Zweifel unterliegen, daß die Hauptmasse des Pflanzenleibes der Kohlensäure, der Luft und dem Wasser ihren Ursprung verdankt.

Denn Zellstoff, Holzstoff, Stärkmehl und Fruchtmark sind die Verbindungen, welche bei weitem den größten Antheil an dem Aufbau der Pflanzen nehmen.

Deshalb kann man sagen, daß Kohlensäure und Wasser diejenigen Nahrungsstoffe der Pflanze sind, aus welchen der Hauptvorrath der Gewebe sich bildet. Das Ammoniak der Luft und die humussauren Ammoniaksalze des Ackers liefern dagegen, indem sie zu eiweißartigen Körpern verarbeitet werden, diejenigen Bestandtheile des Pflanzensaftes, welche vor allen anderen den Umsatz der Stoffe bedingen. Diese sind durch ihre Eigenschaften so wichtig wie jene durch ihre Menge. Nach einer Rechnung, welche das Verhältniß natürlich nur annähernd ausdrückt, soll eine Pflanze, die in fruchtbarer Gartenerde wächst, höchstens $\frac{1}{20}$ ihres Gewichts der Aufnahme organischer Stoffe verdanken (de Sauſſure) [1].

Bei der Bildung der stärkmehlartigen Körper ist leider, in ganz ähnlicher Weise wie bei der Eiweißgruppe, nur das Endziel bekannt, das die Nahrungsstoffe in ihrer Entwicklungsgeschichte erreichen. Eine annähernde Veranschaulichung mag es immerhin sein, daß 12 Aeq. Kohlensäure und 10 Aeq. Wasser unter Ausscheidung von 24 Aeq. Sauerstoff 1 Aeq. Stärkmehl bilden können.

$$12CO^2 + 10HO - 24O = C^{12} H^{10} O^{10}.$$

Durch welche Vermittlungen aber wirklich die Bildung des Stärkmehls aus Wasser und Kohlensäure zu Stande kommt, darüber vermag die Wissenschaft bis jetzt auch nicht den geringsten Aufschluß

1) Vgl. Mohl. a. a. O. S. 237.

zu geben. Nur die eine Folgerung läßt sich aus jenem Schema ableiten, daß die Entwicklung der Hauptstoffe der Stärkmehlreihe von einer kräftigen Reduction begleitet sein muß, so zwar, daß hierbei die reichlichste Quelle der Entwicklung des Sauerstoffs gegeben ist, für welchen die Pflanzen die Kohlensäure der Atmosphäre eintauschen.

Aus der allgemeinen Verbreitung und der Löslichkeit des Dextrins läßt sich entnehmen, daß es in der Mehrzahl der Fälle der Mutterkörper der mit ihm isomeren Verbindungen sein muß.

Zellstoff und Stärkmehl können durch die Gerstenhefe sowohl wie durch Säuren in Dextrin verwandelt werden. Nur nachdem sie diese Veränderung erlitten haben, ist ihre Ortsbewegung möglich. In den Samen wird offenbar diese Umsetzung des Stärkmehls durch die Gerstenhefe oder irgend einen andern Eiweißkörper eingeleitet. Ganz ähnlich in der Kartoffel. In der Mutterkartoffel verwandelt sich der größte Theil des Stärkmehls in Dextrin, wenn auch immer eine beträchtliche Anzahl von Zellen noch mit Stärkmehlkörnchen gefüllt ist. So wird auch der Zellstoff, der im Frühling die Zellenwände des Hollundermarks zusammensetzt, aufgelöst und verändert; vorjährige Aeste enthalten keinen Zellstoff. Beim Reifen der Früchte dagegen sind es die Säuren, Aepfelsäure, Citronensäure oder auch Uebergallertsäure, welche das Stärkmehl der unreifen Frucht, der Aepfel z. B., in Dextrin und Zucker überführen. Denn die Dextrinbildung schreitet allemal bis zur Zuckerbildung fort, wenn die Einwirkung von Diastase oder Säuren fortdauert.

Das Inulin wird durch bloße Wärme in Zucker umgebildet. Was wir in kurzer Zeit durch das Kochen bewirken, das leistet in einem längeren Zeitraum die brütende Wärme der Sonne, von organischen Säuren unterstützt.

Da endlich auch der Rohrzucker durch Säuren in Traubenzucker umgesetzt wird, und in Folge dessen in sauren Pflanzensäften keinen Bestand hat, so sehen wir, wie alle die bisher genannten Stoffe vom Zellstoff an, wenn sie einmal löslich geworden sind, dasselbe Ziel der Entwicklung erreichen können. Hierdurch erhält es eine doppelte Wichtigkeit, daß auch der Traubenzucker nur höchst selten ganz in einem Pflanzensafte fehlt.

Wenn man bedenkt, in wie naher Verbindung der Zellstoff mit den krustenbildenden Holzstoffen in verschiedenen Gewebetheilen vorkommt, und daß gewöhnlich die Menge des Zellstoffs in demselben

Maaße abnimmt, in welchem ſich die Holzſtoffe vermehren, dann liegt allerdings die Vermuthung nahe, daß ſich die Holzſtoffe aus dem Zellſtoff entwickeln könnten. Weil die Holzſtoffe weniger Sauerſtoff enthalten als dem Waſſerbildungsverhältniß entſpricht, ſo müßte ihre Bildung aus dem Zellſtoff auf's Neue durch eine Desoxydation vermittelt werden. Freilich könnte ebenſo gut irgend ein löslicher Stoff des Zelleninhalts durch die Zellſtoffwand hindurch ſchwitzen und ſich dort erſt in Holzſtoffe umſetzen, während der Zellſtoff nach der Umwandlung in Dextrin ſeinen Ort verließe. Es fehlen bis jetzt alle beſtimmtere Anhaltspunkte für die eine wie für die andere Anſicht, und die Entwicklung des Holzſtoffs aus Zellſtoff iſt ebenſo wenig bewieſen, wie Mulder's Vermuthung, daß ſich der mittlere Holzſtoff aus dem Eiweiß erzeugen möchte [1]).

Ueber den Urſprung des Fruchtmarks, der erſten Grundlage der gallertartigen Stoffe, ſind wir nicht beſſer unterrichtet. Von dem Fruchtmark an hat Frémy die Entwicklung der Pektinreihe auf das Schönſte beleuchtet. Unter der Einwirkung der Fruchthefe verwandelt ſich das Fruchtmark der unreifen Früchte in Pektin und Parapektin. In Folge deſſen werden die undurchſichtigen Zellwände der grünen Frucht während des Reifens nach und nach durchſichtig. Dadurch wird einerſeits die Frucht weich und andererſeits die Säure eingehüllt. Eine fortdauernde Einwirkung der Fruchthefe oder der Einfluß freier organiſcher Säuren können den Gallertbildner in die Gallertſäure verwandeln. Dieſe kommt jedoch nach Frémy nur ſelten in den Pflanzen vor und iſt dann in der Regel an Kalk gebunden. So fand ſie Frémy namentlich in alten Wurzeln. Wenn endlich die Früchte teigig geworden ſind, dann hat ſich die ganze Menge des Gallertbildners in Uebergallertſäure verwandelt. Dieſe ſtärkſte Säure in der Reihe der vom Fruchtmark abgeleiteten Stoffe iſt das Endergebniß der Pektingährung.

Der Gallertbildner, die ſaure Pflanzengallerte, die Gallertſäure, kurz alle zu dieſer Reihe gehörige Stoffe zeichnen ſich dadurch aus, daß ſie eine größere Sauerſtoffmenge beſitzen als das Waſſerbildungsverhältniß erfordert. Die Frage, ob dieſe Stoffe einer niedri-

1) Mulder, Verſuch einer allgemeinen phyſiologiſchen Chemie, überſ. von Jac. Moleſchott S. 450, 451.

geren Desoxydationsstufe der Kohlensäure und des Wassers entsprechen, oder ob sie aus stärkmehlartigen Körpern in engerem Sinne durch Aufnahme von Sauerstoff hervorgegangen sind, läßt sich für jetzt durchaus nicht beantworten.

So viel aber darf man nach dieser freilich noch sehr skizzenhaften Entwicklungsgeschichte der stärkmehlartigen und gallertigen Stoffe behaupten, daß die Pflanzen diejenigen Elemente, welche die Hauptmasse ihres Leibes bilden, vorzugsweise aus der Luft beziehen. Darum war es eine so große Leistung Senebier's und anderer Forscher, daß sie die Kohlensäure der Luft als Nahrungsstoff der Pflanzen kennen lehrten. Und Liebig hat durch seine glänzende Beleuchtung dieser Thatsache dem Leben einen nicht minder wichtigen Dienst geleistet.

Kap. III.

Die Fette und das Wachs.

§. 1.

Fett und Wachs lassen sich bekanntlich schon nach ihren Löslichkeitsverhältnissen in Eine Abtheilung zusammenfügen. Aber auch in ihrer Zusammensetzung bieten sie das Gemeinschaftliche, daß sie in allen ihren Arten und Abarten weniger Sauerstoff enthalten als der Menge des Wasserstoffs entspricht, um Wasser zu bilden. Hierin sind sie den Holzstoffen ähnlich, von welchen sie sich aber dadurch unterscheiden, daß sie noch viel ärmer an Sauerstoff sind. Den Eigenschaften nach lassen sie sich nicht mit den Holzstoffen vergleichen.

Wie das Stärkmehl, so finden sich die Fette vorzugsweise als Inhalt der Zellen. Ja sie sind häufig an eben den Stellen vorhanden, an welchen sonst Stärkmehl vorzukommen pflegt (Schleiden) [1].

Obgleich wahrscheinlich kein Pflanzentheil der Fette gänzlich entbehrt, sind doch Wurzeln, Früchte und ganz besonders die Samen am häufigsten die Träger des Fetts. In den Samen ist dasselbe wieder in ausgezeichneter Weise in den Samenlappen angehäuft; so namentlich in den Cruciferen, Amentaceen, Drupaceen, Palmen. Mohnsamen, Leinsamen, Hanfsamen sind im gemeinen Leben durch ihren Reichthum an Fett bekannt.

In den ausgebildeten Zellen der Samen von **Alstroemeria aurea** und **Iris cruciata** sahen Harting und Mulder reine Fettkügelchen, die durch keinen anderen Stoff von einander getrennt wa-

---

1) M. J. Schleiden, Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik. Leipzig 1845. I, S. 185.

ren. Die genannten Forscher vermißten diese Oelkörperchen in den jugendlichen Zellen derselben Samen, ohne dafür Stärkmehl aufzufinden [1]). Für die meisten öligen Samen ist es sonst eigenthümlich, daß sie im unentwickelten Zustande eine bedeutende Menge Stärkmehl enthalten, welches in den ausgebildeten Samen spurlos verschwunden ist.

Die verschiedenen Getreidesamen enthalten das Fett nach Donders und Harting vorzugsweise in den äußeren Zellen des Eiweißkörpers, in welchem ebenfalls kein Stärkmehl vorhanden ist. Auch die meisten Zellen des Embryo sind reichlich mit Fettkörperchen versehen, die hier beim Mais sogar größer und zahlreicher sind als in der äußeren Zellenschichte des Eiweißkörpers [2]).

Einige Früchte führen das Fett am reichlichsten in dem Fleisch, das den Kern umgiebt, z. B. die Oliven; andere, wie die Nüsse, Datteln und viele Palmfrüchte überhaupt durch den ganzen Kern vertheilt.

Unter den Wurzeln sind durch ihren Fettgehalt die Erdnüsse von Cyperus esculentus, die Erdeicheln von Arachis hypogaea, die Faseln von Dolichos-Arten, die Tama-Wurzel von Bauhinia esculenta und andere ausgezeichnet [3]).

Wachs wird von den meisten Pflanzen an ihrer Oberfläche ausgeschwitzt. Es ist der Hauptbestandtheil des Reifs der Pflaumen, Schlehen und Trauben, der Früchte von Myrica sapida, des Ueberzugs der Deckblättchen von Musa paradisiaca und vieler anderer Pflanzen.

Physiologisch am wichtigsten ist indeß das Wachs, welches die verschiedenen Farbstoffe in den Fruchtschalen und an anderen Orten, namentlich aber das Blattgrün begleitet. Letzteres hat natürlich die weiteste Verbreitung durch das Pflanzenreich. Als Grundlage des Blattgrüns findet es sich sehr häufig im Zelleninhalt (Mohl, Mulder). Allein auch sonst ist das Wachs bei manchen Pflanzenfamilien als Zelleninhalt beobachtet, z. B. bei den Balanophoren [4]).

---

1) Mulder, Phys. Chemie, S. 462.

2) Nederlandsch lanceet, uitgegeven door Donders, Ellerman en Jansen, Deel IV, p. 748.

3) Vgl. meine Physiologie der Nahrungsmittel, S. 355, 356.

4) Schleiden a. a. O. S. 186.

Im Saft der Milchsaftgefäße ist das Wachs gleichfalls vertreten. Es wurde schon oben unter den Bestandtheilen des Saftes des Kuhbaums aufgeführt (S. 72).

§. 2.

Die Fette lassen sich bald bei gewöhnlichem, bald bei erhöhtem Wärmegrad in Gestalt eines flüssigen Oeles aus den Samen auspressen. Diejenigen Oele, welche erst über 60° C. schmelzen, unterscheidet man als trockne von den leichtflüssigen.

In der Regel besitzen diese Oele keinen oder doch nur einen geringen Geschmack, keine oder eine schwach gelbliche Farbe und, wenn nicht andere flüchtige Stoffe beigemengt sind, auch keinen Geruch.

Einige Oele nehmen leicht Sauerstoff auf und werden dadurch harzig, z. B. Leinöl, Nußöl, Mohnöl. Man nennt sie trocknende Oele im Gegensatze zu anderen Arten, die, wie Olivenöl, Mandelöl, Rüböl nur in unreinem Zustande eine Verbindung mit Sauerstoff eingehen und dadurch ranzig werden. Die nicht trocknenden Oele erstarren mit salpetrichter Salpetersäure oder mit salpetersaurem Queckſilberoxydul zu einer gelblich weißen Masse, dem sogenannten Elaidin.

Die fetten Oele sind in Wasser gar nicht, in kaltem Weingeist wenig, in heißem leichter, am leichtesten aber in Aether löslich.

Gewöhnlich sind die ausgepreßten Oele Gemenge eines leicht schmelzbaren und eines nur bei hohen Wärmegraden schmelzenden Stoffs, von welchen jener früher als Elain, dieser als Stearin bezeichnet wurde. Man weiß jetzt, daß das Stearin im engeren Sinne nur ganz vereinzelt in den Pflanzen vorkommt und daß die meisten pflanzlichen Oele der Hauptsache nach aus Elain und Margarin bestehen.

§. 3.

Die Zusammensetzung des Elains läßt sich durch die Formel $C^{39} H^{39} O^4$, die des Margarins nach Iljenko und Laskowsky durch $C^{35} H^{35} O^4$ ausdrücken. Theoretisch wird die Formel des Margarins zerlegt in $C^3 H^4 O + C^{32} H^{31} O^3$ d. h. in margarinsaures Glycerin. Der für das Elain angegebene Ausdruck ist nicht unmittelbar gefun-

den, sondern das Ergebniß der Uebertragung jener Theorie auf die Oelsäure.

Elain oder Oelstoff findet sich in den allermeisten Pflanzenölen, wenn es auch stets von anderen Fetten begleitet ist. Es ist das flüssigste von allen, indem es erst bei einem tief unter dem Nullpunkte liegenden Wärmegrad erstarrt. Ferner ist der Oelstoff dadurch ausgezeichnet, daß er sich auch in kaltem Alkohol mit Leichtigkeit auflöst. Mit Zucker und Schwefelsäure giebt der Oelstoff die purpurviolette Farbe, welche Pettenkofer bei Anwendung dieses Prüfungsmittels für die Gallensäuren entdeckte (Kunde, M. S. Schultze) [1]).

Das Perlmutterfett oder Margarin, welches sich zum Oelstoff am häufigsten gesellt, ist bei gewöhnlichem Wärmegrade fest und schmilzt erst bei + 53° C. Es löst sich in Alkohol und Aether schwerer als der Oelstoff, und krystallisirt in Nadeln, welche ein perlmutterglänzendes Haufwerk von Strahlenbüscheln und Garben darstellen.

Wenn man diese Fette, die, weil sie selbst weder saure, noch basische Eigenschaften besitzen, neutrale Fette genannt werden, mit Alkalien behandelt, dann zerfallen sie in eine Seife und in Glycerinhydrat. So wird Margarin in margarinsaures Kali und Glycerinhydrat zerlegt. Aus

$C^{35}H^{35}O^4$ und KO wird KO + $C^{32}H^{31}O^3$ und C^3H^4O + HO.

Aus dem Elain entsteht in derselben Weise die Elainsäure, für welche Delfs aus Gottlieb's Zahlen die Formel $C^{36}H^{35}O^3$ + HO abgeleitet hat.

Die reine Elainsäure oder Oelsäure ist nach Gottlieb über 14° eine wasserhelle, farblose Flüssigkeit, schmierig wie Oel und bei etwa + 4° C. erstarrend. Während sie im flüssigen Zustande außerordentlich leicht Sauerstoff aufnimmt, findet dies, wenn die Säure erstarrt ist, nicht statt. Lackmuspapier wird durch die Oelsäure nicht geröthet. Mit Zucker und Schwefelsäure versetzt, nimmt Oelsäure dieselbe Farbe an, wie der Oelstoff.

---

1) Schultze in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXXI, S. 270.

Die Margarinſäure oder Perlmutterfettſäure ſchmilzt bei 60°. Sie kryſtalliſirt in feinen, perlmutterglänzenden Nadeln, die ſehr häufig zu Büſcheln und Garben vereinigt ſind.

Beide Säuren löſen ſich in heißem Weingeiſt und in Aether; ihre Alkaliſalze, die Seifen auch in Waſſer.

Von jenen beiden neutralen Fetten iſt die Darſtellung bisher nur für das Perlmutterfett vollkommen gelungen. Dieſes erhält man, wenn man irgend ein Oel, das nur Oelſtoff und Perlmutterfett enthält, mit kochendem Weingeiſt behandelt. Beim Erkalten ſetzt ſich eine körnige Maſſe ab, die ſich zu Butter zerreiben läßt. In warmem Aether wird dieſe Butter mit gelber Farbe gelöſt, und durch wiederholte Kryſtalliſation aus Aether erhält man ſchneeweiße Flocken von Margarinkryſtallen, die ſich unter dem Mikroſkop als ſtrahlenförmige Nadelbüſchel zu erkennen geben [1]).

Wenn es auch nicht gelungen iſt, den Oelſtoff ganz rein darzuſtellen, ſo läßt ſich derſelbe doch in ziemlicher Reinheit gewinnen, wenn man irgend ein Oel mit halb ſo viel Kali verſeift, als die vollſtändige Zerſetzung der neutralen Fette erfordern würde. Das Perlmutterfett wird dabei eher in die entſprechende Seife umgewandelt als der Oelſtoff und dieſer läßt ſich demnach von dem perlmutterfettſauren Kali, das in Waſſer löslich iſt, trennen.

Um die Margarinſäure zu bereiten, verſeift man ein fettes Pflanzenöl mit Kali. Aus den Seifen ſcheidet man durch Schwefelſäure die Margarinſäure und die Elainſäure, wäſcht die Säuren mit Waſſer und drückt ſie zwiſchen Fließpapier aus, um den größten Theil der Oelſäure zu entfernen. Die mit Oelſäure immer noch verunreinigte Perlmutterfettſäure wird darauf in heißem Alkohol gelöſt. Dann ſcheidet ſich beim Erkalten die Margarinſäure kryſtalliniſch aus, und je öfter man dieſe Auflöſung und Kryſtalliſation wiederholt hat, deſto mehr iſt die Perlmutterfettſäure von Oelſäure gereinigt. Da ſie aber immer noch etwas Oelſäure enthält, ſo wird die Maſſe aufs Neue mit Kali verſeift und dann durch eſſigſaures Bleioxyd niedergeſchlagen. Das ſaure ölſaure Bleioxyd löſt ſich in kochendem Aether, das perl-

1) Nach dieſem Verfahren wurde das Perlmutterfett zuerſt von Iljenko und Laskowsky aus Limburger Käſe bereitet. Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LV. S. 88.

mutterfettſaure nicht. Letzteres wird durch kohlenſaures Kali, das perlmutterfettſaure Alkali darauf durch Salzſäure zerſetzt, die Säure aber durch kochenden Alkohol und Kryſtalliſation gereinigt.

Die Oelſäure wird aus dem ölſauren Bleioxyd in derſelben Weiſe getrennt. Gottlieb[1]) nennt den ſo erhaltenen Stoff rohe Oelſäure, weil man ein Gemenge der reinen Oelſäure mit Oxydationsprodukten derſelben vor ſich hat. Gottlieb hat zuerſt die Oelſäure gereinigt, indem er dieſelbe in einem großen Ueberſchuß von Ammoniak löſte und durch Chlorbaryum niederſchlug. Der ölſaure Baryt wird dann getrocknet und mit Alkohol von mittlerer Stärke gekocht. Aus dieſem ſcheidet ſich derſelbe in kleinen kryſtalliniſchen Schuppen aus, während ein verunreinigender Körper im Alkohol gelöſt bleibt. Der ſo erhaltene ölſaure Baryt ſchmilzt noch nicht bei 100°. Durch Weinſäure wird die Oelſäure ausgeſchieden und dann mit Waſſer gewaſchen.

Glycerin endlich bleibt in Löſung, wenn man die neutralen Fette mit Alkalien verſeift oder durch Bleioxyd in Pflaſter verwandelt. Man gewinnt es am leichteſten, wenn man die Flüſſigkeit, die nach der Pflaſterbildung aus irgend einem Oel zurückbleibt, mittelſt Schwefelwaſſerſtoff vom überſchüſſigen Blei trennt. Das Glycerin oder Oelſüß $C^3\ H^{10}O + HO$ bleibt dann beim Verdunſten als farbloſe oder hellgelbe Flüſſigkeit übrig, die einen ſüßen Geſchmack beſitzt und ſehr leicht Waſſer aus der Luft anzieht. In Waſſer und Alkohol iſt das Oelſüß löslich, in Aether nicht.

§. 4.

Außer dem Oelſtoff und dem Perlmutterfett ſind mehre andere neutrale Fette in einzelnen Pflanzen aufgefunden worden. Dahin gehört zunächſt das Stearin in der Kakaobutter von **Theobroma Cacao.**

Das Stearin oder der Talgſtoff, $C^{37}\ H^{37}\ O^4$, ſchmilzt etwas über 60° und kryſtalliſirt in perlmutterglänzenden Blättchen, die ſich in Alkohol und Aether ſchwerer löſen als das Margarin. In kaltem Aether wird der Talgſtoff ſehr ſchwer gelöſt.

---

2) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LVII, S. 34 und folg.

Bei der Behandlung mit Alkalien verwandelt sich der Talgstoff in Talgsäure und Oelsüß. Die Talgsäure, Stearinsäure, $C^{34} H^{33} O^3 + HO$, schmilzt bei 70° und erstarrt beim Erkalten zu einer krystallinisch-blättrigen Masse. Aus kochendem Alkohol krystallisirt sie in perlmutterglänzenden Nadeln.

Gottlieb hat für Gemenge von Talgsäure und Perlmutterfettsäure, in denen die letztere so viel oder mehr als die Hälfte beträgt, die lehrreiche Beobachtung gemacht, daß der Schmelzpunkt des Gemenges unter 60° liegt, also tiefer als der Schmelzpunkt der Perlmutterfettsäure, die von beiden am leichtesten schmilzt. Wenn die Talgsäure in dem Gemenge vorherrscht, dann schmilzt dieses zwischen 60° und 70° [1]).

Den Talgstoff kann man aus der Kakaobutter bereiten, wenn man diese im Wasserbade schmelzt und reichlich mit Aether übergießt. In der Kälte scheiden sich Krystalle ab, die man mit kaltem Aether und Alkohol auswäscht, um das Elain und Margarin zu entfernen. Von etwas anhängendem Margarin läßt sich das Stearin befreien, wenn man es wiederholt aus kochendem Alkohol krystallisiren läßt, indem der Talgstoff rascher aus der heißen Lösung anschießt als das Perlmutterfett.

Da sich der Talgstoff selbst rein darstellen läßt, so bietet es keine Schwierigkeit durch Verseifung des Talgstoffs und Zerlegung der Seife durch Salzsäure auch die Talgsäure in reinem Zustande zu gewinnen.

§. 5.

In einigen Palmen, **Cocos butyracea, Avoira Elais,** aber auch in den Kaffeebohnen (Rochleder), findet sich ein eigenthümliches Fett, das unter dem Namen Palmitin oder Palmfett beschrieben wird.

Das Palmfett, $C^{33} H^{33} O^4$ nach Stenhouse, schmilzt bei 48°. Erkaltet bildet es eine halbdurchsichtige, wachsähnliche Masse, die wie der Talgstoff, leicht in kochendem, wasserfreiem Alkohol und in heißem Aether, dagegen sehr schwer in kaltem Aether löslich ist. Aus dem heißen Aether scheidet es sich aus in kleinen farblosen Krystallen.

Die durch Verseifung des Palmitins entstehende Palmitinsäure,

---

1) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LVII. S. 37.

$C^{30} H^{29} O^3 + HO$ nach Stenhouſe und Frémy, ſchmilzt nach Rochleder bei 58,5°. Sie kryſtalliſirt in glänzenden Blättchen, die der Perlmutterfettſäure ähnlich ſind.

Aus Palmöl bereitet man das Palmfett, nachdem man durch Auspreſſen zwiſchen Leinwand den flüſſigen Theil des Oeles entfernt hat, durch wiederholte Behandlung des feſten Rückſtandes mit kochendem Weingeiſt, der das Palmfett nur ſpurweiſe löſt. Dann wird die feſte Maſſe in heißem Aether gelöſt, filtrirt und durch mehrfaches Kryſtalliſiren gereinigt.

§. 6.

Die Muskatbutter der Nüſſe von **Myristica moschata** enthält ein eigenthümliches neutrales Fett, das Myriſtin oder Muskatfett, das durch die Formel $C^{29} H^{29} O^4$ nach Playfair bezeichnet wird. Der Schmelzpunkt des Muskatfetts liegt bei 31° und die Kryſtalle bilden weiße, ſeidenglänzende Schuppen und Nadeln. Ein eigenthümliches Merkmal des Myriſtins beſteht darin, daß es ſelbſt in warmem Alkohol ſchwer löslich iſt. Während heißer Aether daſſelbe in reichlicher Menge aufnimmt, wird in der Kälte der größte Theil des Fetts kryſtalliniſch ausgeſchieden.

Nach Playfair entſpricht der beim Verſeifen des Myriſtins gebildeten Myriſtinſäure der Ausdruck $C^{26} H^{25} O^3 + HO$. Dieſe Säure ſchmilzt bei 48° und kryſtalliſirt in weißen, ſeidenglänzenden Blättchen. Ihre Alkaliſalze ſind leicht löslich in Alkohol und in Weingeiſt.

Myriſtin bleibt in ähnlicher Weiſe wie das Palmitin aus Palmöl zurück, wenn man die Muskatbutter mit Weingeiſt digerirt. Der feſte Rückſtand wird durch wiederholtes Umkryſtalliſiren aus Aetherlöſungen gereinigt.

§. 7.

Aus den Beeren von **Laurus nobilis** läßt ſich das Lorbeerfett, Lauroſtearin gewinnen, für deſſen Zuſammenſetzung Marſſon die Formel $C^{27} H^{27} O^4$ gefunden hat. Das Lorbeerfett ſchmilzt bei 45° und kryſtalliſirt aus kochendem Alkohol in kleinen ſeidenglänzenden Nadeln, welche ſich ſternförmig an einander legen.

Die Lauroſtearinſäure, (Pichurimtalgſäure) $C^{24} H^{23} O^3 + HO$

(St. Evre) schmilzt zwischen 42 und 43° und kann nach Görgey in nadelförmigen Krystallen erhalten werden, welche zu haselnußgroßen Gruppen vereinigt sind[1]).

Wenn man die Lorbeeren mit kochendem Weingeist behandelt, dann wird das Laurostearin aufgelöst. In vierundzwanzig Stunden setzt es sich aus der erkalteten Lösung ab als ein gelblich weißer, käsiger Niederschlag, den man mit kaltem Weingeist waschen und aus heißem Alkohol umkrystallisiren muß. Von anhängendem Harz befreit man das Laurostearin, indem man zwischen Fließpapier den Weingeist ausdrückt, und dann die feste Masse im Wasserbade schmelzt. Dann trennt sich das Harz in der Form von braungrünen Flocken, die man mit Hülfe eines durch heißes Wasser erwärmten Doppeltrichters entfernen kann.

§. 8.

Das Cocin der Kokosnüsse von **Cocos nucifera**, $C^{25}H^{25}O^4$, soll bei 20° schmelzen und besonders leicht auch in kaltem Aether löslich sein. Ihm sollte die Cocinsäure $C^{22}H^{21}O^3 + HO$ (Marsson) entsprechen, eine Säure, deren Schmelzpunkt zu 35° angegeben wird. Aus der Formel der Cocinsäure ist die des Cocins abgeleitet.

Vor nicht langer Zeit nun wurde von Arthur Görgey ein Kokosnußöl untersucht, welches keine eigenthümliche Cocinsäure enthielt, sondern Laurostearinsäure und außerdem drei flüchtige Fettsäuren, Caprinsäure, Caprylsäure und Capronsäure, von denen die beiden letzteren schon früher von Fehling in der Butter der Kokosnuß nachgewiesen wurden[2]). Görgey ist demnach geneigt, die Cocinsäure für ein Gemenge von Caprinsäure und Laurostearinsäure zu halten.

Da die Caprinsäure und die Caprylsäure bei der trockenen Destillation der Oelsäure als Zersetzungsprodukte auftreten, so wäre es möglich, daß sie als solche nicht fertig gebildet in den Kokosnüssen auftreten. Deshalb und namentlich weil der eigentliche Fundort dieser flüchtigen Säuren dem thierischen Organismus angehört, werde ich

---

1) Arthur Görgey in Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXVI, S. 290 u. folg.

2) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LIII, S. 399 und Bd. LXVI, S. 290.

erſt weiter unten auf die Zuſammenſetzung und die Eigenſchaften derſelben eingehen.

§. 9.

Moringa oleifera Lam. ein Baum, der auf den Weſtindiſchen Inſeln häufig gebaut wird, enthält nach Völcker's Unterſuchungen in ſeinem Oele außer Oelſtoff und Perlmutterfett ein eigenthümliches Fett, das beim Verſeifen die Behensäure liefert.

Aus Völcker's Zahlen hat Strecker für die Behensäure die Formel $C^{44}\ H^{43}\ O^3 + HO$ abgeleitet. Die Säure ſchmilzt nach Völcker bei 76°; ſie erſtarrt zu pulveriſirbaren Nadeln, die der Talgſäure ähnlich ſind.

Das Behenöl wurde durch langes Kochen mit Kali verſeift, die Seife durch Salzſäure zerſetzt. Nachdem die feſten Säuren durch Auspreſſen zwiſchen Fließpapier von den flüſſigen getrennt waren, wurden ſie in heißem Weingeiſt gelöſt. Die anſchießenden Kryſtalle wurden darauf wiederholt aus ſtarkem Alkohol umkryſtalliſirt. Dann kryſtalliſirte zuerſt die Behensäure heraus[1]).

§. 10.

In den Blättern von **Pelargonium roseum** findet ſich die Roſenkrautſäure oder Pelargonſäure, $C^{18}\ H^{17}\ O^3 + HO$ (Pleß und Redtenbacher)[2]).

Die Roſenkrautſäure bildet eine ölige, farbloſe Flüſſigkeit, welche bei niederen Wärmegraden leicht erſtarrt, bei + 10° C aber wieder flüſſig wird und ſich bei höheren Wärmegraden leicht verflüchtigt. Sie erinnert im Geruch an Butterſäure. Obgleich ſie in Waſſer faſt gar nicht gelöſt wird, ertheilt ſie demſelben doch die Eigenſchaft, Lackmus zu röthen. In Alkohol und Aether iſt ſie leicht löslich.

Man gewinnt die Pelargonſäure aus den Blättern des **Pelargonium roseum**, wenn man dieſelben mit Kali behandelt und dann

---

1) Völcker in Mulder's Scheikundige onderzoekingen, Deel III, p. 549, und Liebig und Wöhler, Annalen Bd. LXIV, S. 343.

2) Liebig und Wöhler, Annalen Bd. LIX, S. 52—54.

mit Schwefelſäure deſtillirt. Da nämlich die Pelargonſäure unvermiſcht mit anderen flüchtigen Säuren in den genannten Blättern vorkommt, ſo geht ſie bei dieſem Verfahren rein in die Vorlage über.

§. 11.

An die flüchtige Pelargonſäure reiht ſich die Baldrianſäure $C^{10} H^9 O^3 + HO$, die in der Baldrianwurzel, in der Angelica-Wurzel, nach Chevreul in den Beeren und nach von Moro in der Rinde von Viburnum opulus[1]) als ſolche vorkommt, in dem Thierreich dagegen mit Glycerin verbunden zu ſein ſcheint und als neutrales Fett beſchrieben wurde. Denn die Phocenſäure des Phocenins im Fiſchthran ſtimmt nach Dumas mit der Baldrianſäure überein.

Wenn die Baldrianſäure möglichſt waſſerfrei iſt, dann bildet ſie eine farbloſe, ölige Flüſſigkeit, die ſelbſt bei 15° C noch nicht erſtarrt, ſich in 30 Theilen Waſſer löſt und mit Weingeiſt und Aether in jedem Verhältniß gemiſcht werden kann. Sie beſitzt einen eigenthümlich ſtechenden Geruch und einen ſäuerlich ſcharfen Geſchmack. Mit allen Baſen geht ſie in Waſſer lösliche Verbindungen ein; das Zinkſalz iſt indeſſen ziemlich, das Silberſalz ſehr ſchwer löslich.

Man kann die Baldrianſäure aus dem wäſſrigen Deſtillat der Baldrianwurzel gewinnen, indem man ſie an irgend eine Baſis bindet, die durch andere Säuren in unlöslicher Form von ihr geſchieden werden kann.

§. 12.

Die Butterſäure, $C^8 H^7 O^3 + HO$, findet ſich im Safte des Kuhbaums (Marchand), in dem Johannisbrod von Ceratonia Siliqua (Redtenbacher), vielleicht auch in den Tamarinden und in den Früchten von Sapindus saponaria, wenn ſie hier nicht erſt durch Zerſetzung entſtanden war (Gorup-Beſanez[2]).

Bei 20° C wird die Butterſäure noch nicht feſt. Sie ſtellt in waſſerfreiem Zuſtande eine ölige Flüſſigkeit dar, die bei gewöhnlicher

1) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LV, S. 330—332.

2) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXIX, S. 369—372.

Wärme ſtark verdunſtet und in ſehr hohem Grade den Geruch nach ranziger Butter verbreitet. Mit Waſſer, Alkohol und Aether läßt ſich die Butterſäure in jedem Verhältniſſe miſchen.

Zur Darſtellung iſt das Johannisbrod geeignet. Man verſetzt daſſelbe mit kohlenſaurem Kalk und Waſſer und läßt das Gemenge ſo lange ſtehen als noch eine Gasentwicklung ſtattfindet. Dann ſcheidet man aus der filtrirten Flüſſigkeit den Kalk mittelſt kohlenſauren Natrons aus, dampft die Löſung des butterſauren Natrons ein und deſtillirt die verdichtete Flüſſigkeit nach vorherigem Zuſatz von Schwefelſäure. Schließlich deſtillirt man die Butterſäure über Chlorcalcium, um dieſelbe von Waſſer und Eſſigſäure zu befreien.

§. 13.

Dumas hat zuerſt auf die überraſchende Aehnlichkeit der Zuſammenſetzung aufmerkſam gemacht, welche ſowohl die neutralen Fette wie die fetten Säuren zu einer ſehr merkwürdigen Reihe unter einander verbindet. Alle Fettſäuren laſſen ſich nämlich, wenn ſie 1 Aeq. Waſſer enthalten, auf die Formel $C^x H^x O^4$ zurückführen, in welcher x eine gerade Zahl iſt, alle neutrale Fette auf den Ausdruck $C^{x+1} H^{x+1} O^4$. Dieß ergiebt ſich unmittelbar aus folgender Ueberſicht der Formeln:

Behenſäure	$C^{44} H^{44} O^4$
Oelſäure	$C^{36} H^{36} O^4$
Stearinſäure	$C^{34} H^{34} O^4$
Margarinſäure	$C^{32} H^{32} O^4$
Palmitinſäure	$C^{30} H^{30} O^4$
Myriſtinſäure	$C^{26} H^{26} O^4$
Laroſtearinſäure (Pichurimtalgſäure)	$C^{24} H^{24} O^4$
Cocinſäure	$C^{22} H^{22} O^4$
Caprinſäure	$C^{20} H^{20} O^4$
Pelargonſäure	$C^{18} H^{18} O^4$
Caprylſäure	$C^{16} H^{16} O^4$
Capronſäure	$C^{12} H^{12} O^4$
Baldrianſäure (Phocenſäure)	$C^{10} H^{10} O^4$
Butterſäure	$C^8 H^8 O^4$.

Die durch Analyſe gefundenen Formeln der entſprechenden neutralen Fette führen zu folgender Reihe:

Stearin	$C^{37}\ H^{37}\ O^4$
Margarin	$C^{35}\ H^{35}\ O^4$
Palmitin	$C^{33}\ H^{33}\ O^4$
Myriſtin	$C^{29}\ H^{29}\ O^4$
Laurostearin	$C^{27}\ H^{27}\ O^4$

Unter den neutralen Fetten iſt beſonders das Butyrin deshalb von lehrreicher Wichtigkeit, weil es Pélouze und Gélis gelungen iſt, unter dem Einfluß der Schwefelſäure Butterſäure mit Glycerin zu Butyrin zu verbinden:

$$C^3\,H^4\,O + C^8\,H^7\,O^3 = C^{11}\,H^{11}\,O^4.$$

In dieſer Erzeugung des Butyrins, das indeſſen keiner Elementaranalyſe unterworfen wurde, hat die Theorie, nach welcher die neutralen Fette als Verbindungen der entſprechenden waſſerfreien Fettſäuren mit waſſerfreiem Glycerin zu betrachten ſind, ihre hauptſächlichſte Stütze. Die oben für den Oelſtoff und das Cocin aufgeſtellten Formeln ſind aus dieſer Vorſtellung abgeleitet.

§. 14.

Obgleich das Urbild des Wachſes, jenes Gemenge, welches man früher als Cerin und Myricin beſchrieb und eine Zeit lang für unverſeifbar gehalten hat, nur vom Bienenwachs her genauer bekannt iſt, ſo laſſen ſich doch dieſe Kenntniſſe gewiß auch auf manche in Pflanzen fertiggebildete Wachsarten übertragen. Bisher ſind aber die Fundorte dieſer beiden Hauptſtoffe im Pflanzenreich nicht erforſcht, und ich muß mich alſo bei der Schilderung der wichtigſten Beſtandtheile des Wachſes an das Bienenwachs anſchließen.

Daß ſich das Wachs verſeifen läßt, hatte Lewy ſchon vor einiger Zeit gelehrt. Während aber van der Vliet dem Cerin die Formel $C^{10}H^{10}O$, dem Myricin den Ausdruck $C^{20}H^{20}O$ beilegte, hielt Lewy beide Stoffe für iſomer, gleich $C^{68}H^{68}O^4$, Heß ſogar beide für Einen Körper, dem er van der Vliet's Formel des Myricins zuſchrieb.

Brodie hat aber unſere Kenntniſſe über das Wachs in neuerer Zeit beträchtlich erweitert. Er beſtätigte zunächſt, daß ſich Cerin und

Myricin beide mit Kali verſeifen laſſen. Das Cerin iſt eine Säure, welche Brodie Cerotinſäure genannt und im Bienenwachs in freiem Zuſtande gefunden hat. Brodie's Zahlen ergaben für die Cerotinſäure die Formel $C^{54} H^{55} O^{3} + HO$. Sie iſt in Alkohol und in Aether löslich. Wenn die Cerotinſäure wiederholt aus Aether umkryſtalliſirt wurde, dann ſchmilzt ſie bei 78° [1]), und Brodie glaubt, daß ſich der Schmelzpunkt bis 80—81° erhöhen laſſe.

Die Cerotinſäure erhält man, wenn man Wachs, das ungefähr bei 62 oder 63° geſchmolzen iſt, wiederholt in kochendem Alkohol auflöſt. Dadurch gewinnt man einen Stoff, welcher bei 70 oder 72° ſchmilzt und mit Kalihydrat ſehr leicht eine Seife bildet. Chlorbaryum zerlegt dieſe Seife. Den cerotinſauren Baryt wäſcht man mit Aether aus, um einen nicht verſeifbaren Körper, das Ceraïn zu entfernen, deſſen Schmelzpunkt bei 70° liegt. Aus dem cerotinſauren Baryt kann man ſchließlich durch Schwefelſäure die Cerotinſäure in Freiheit ſetzen.

Cerotinſaurer Baryt aus chineſiſchem Wachſe enthält nach Brodie einen zweiten Körper beigemengt, der ſich durch Alkohol, Aether oder Naphtha entfernen läßt und nach der Formel $C^{54} H^{56} O^{2}$ zuſammengeſetzt iſt. Brodie nennt dieſen Stoff, deſſen Zuſammenſetzung im Verhältniß zur Cerotinſäure an die Alkohole erinnert, Cerotin. Wenn das Cerotin mit Kalk und Kali ſtark erhitzt wird, verwandelt es ſich unter Waſſerſtoffentwicklung in Cerotinſäure.

Das Myricin, das ſeinen Namen der wachsreichen Myrica cerifera verdankt, von Chevreul aber auch in Kohlblättern gefunden wurde [2]), enthält zunächſt einen neutralen Stoff, den Brodie Meliſſin nennt. Meliſſin, $C^{60} H^{62} O^{2}$, iſt ein kryſtalliniſcher, in heißem Alkohol und in Aether löslicher Körper, der nach wiederholter Kryſtalliſation bei 85° ſchmilzt. Mit Kali-Kalk erhitzt, verwandelt ſich das Meliſſin in Meliſſinſäure, $C^{64} H^{63} O^{3} + HO$ [3]). Dieſe Säure ſchmilzt bei 88—89°.

---

1) Liebig und Wöhler, Annalen Bd. LXVII, S. 194, 209.

2) Liebig's Handbuch der organiſchen Chemie, Heidelberg 1843. S. 429.

3) Brodie, a. a. O. Bd. LXXI, S. 145 und folg.

Um das unreine Myricin von der Cerotinsäure getrennt zu erhalten, kocht Brodie das Wachs wiederholt mit Alkohol aus, bis essigsaures Blei in der alkoholischen Lösung keinen Niederschlag mehr erzeugt. Aber auch dann wird das Wachs noch ein Paar Male mit Alkohol ausgekocht, weil das cerotinsaure Bleioxyd in heißem Alkohol nicht ganz unlöslich ist. Der Rückstand ist das Gemenge, das man bisher Myricin nannte. Dieses Myricin ist grünlich, von wachsartiger Festigkeit, nicht krystallinisch und schmilzt bei 64°. Wenn man es mit starker Kalilauge oder auch mit einer alkoholischen Kalilösung kocht, dann wird es verseift. Das Melissin erhielt Brodie nun, indem er die Myricinseife mit Salzsäure zersetzte, den ausgefällten wachsartigen Bestandtheil in heißem Alkohol löste und dann erkalten ließ. Es scheidet sich hierbei ein krystallinischer Stoff aus, der wieder in Naphtha gelöst werden muß. Aus der Naphtha schießt das Melissin krystallinisch an.

Bei jenem Verfahren fand Brodie in der Alkohollösung, aus welcher sich das unreine Melissin ausschied, eine Säure, die nach Verdichtung des Alkohols ebenfalls krystallinisch gewonnen werden konnte. Mit Kali gab diese Säure eine Seife, die durch Chlorbaryum gefällt, mit Aether ausgewaschen, durch Salzsäure zerlegt und dann aus Aether umkrystallisirt einen Körper darstellt, der bei 62° schmilzt und nach der Elementaranalyse die Formel $C^{32} H^{31} O^3 + HO$ besitzt. Brodie nennt diese Säure Palmitinsäure. Da aber die Palmitinsäure nach Rochleder's Untersuchungen bei 58,5°, die Margarinsäure dagegen nach früheren Angaben bei 60° schmilzt, da ferner auch die Formel besser zur Margarinsäure paßt, und endlich Brodie selbst [1]) in dem alkoholischen Auszug des ursprünglichen Wachses eine der Margarinsäure ähnliche Säure gefunden haben will, so möchte ich die von Brodie für Palmitinsäure erklärte Verbindung als Margarinsäure bezeichnen.

In der Naphthalösung, aus welcher das reine Melissin herauskrystallisirt war, blieb ein Körper gelöst, der bei 72° schmolz und mit Kali-Kalk erhitzt eine Säure gab, die nach wiederholter Krystallisation aus Aether ihren Schmelzpunkt bis zu 85° erheben ließ und in ihrer Zusammensetzung vorläufig dem Ausdruck $C^{49} H^{48} O^3 + HO$ zu ent-

1) A. a. O. Bd. LVII, S. 196.

sprechen schien. Brodie hält selbst indeß eine genauere Untersuchung jenes Körpers für nöthig.

Das grünliche Myricin, welches anfangs bei 64° schmolz, läßt sich durch wiederholtes Umkrystallisiren aus heißem Aether reinigen. Sein Schmelzpunkt liegt dann zuletzt bei 72°; es bildet, aus Naphtha umkrystallisirt, quastförmige, in Alkohol nicht leicht lösliche Krystalle, und, als solches analysirt, liefert es Zahlen, aus welchen die Formel $C^{92} H^{92} O^4$ abgeleitet werden kann. Weil nun dieses Myricin Perlmutterfettsäure und Melissin enthält, so darf man es mit Brodie vielleicht in folgender Weise zerlegen:

Myricin — Margarinsäure — Melissin

$$C^{92} H^{92} O^4 + HO = C^{32} H^{31} O^3 + C^{60} H^{62} O^2.$$

Ein fettes Oel, welches die Klebrigkeit des Wachses bedingt, soll auch den Geruch desselben verursachen (Lewy, Brodie).

Nicht alle Wachsarten enthalten die sämmtlichen hier beschriebenen Stoffe. Brodie hat Ceylon'sches Bienenwachs untersucht, welches alle Merkmale des unreinen Myricins besaß, aus Margarinsäure (Palmitinsäure?) und Melissin bestand, aber keine Cerotinsäure lieferte.

Dagegen enthält das Japanische Wachs nach Meyer eine Verbindung von Glycerin mit der Cetylsäure (Aethalsäure), welche ich erst weiter unten beim Wallrath beschreiben werde.

§. 15.

Wenn man diese Hauptarten des Wachses mit den Fetten vergleicht, dann findet man für die eigenthümlichen Bestandtheile derselben die Aehnlichkeit, daß sie sich in Wasser nicht, in Aether leichter als in Alkohol lösen, und daß sie sich mit Alkalien verseifen lassen. Der Hauptunterschied gegen die Fette liegt darin, daß die Wachsarten bei der Verseifung kein Glycerin liefern.

Die von Brodie gefundenen Formeln schließen sich sehr enge an die Dumas'sche Fettreihe an:

Myricin . . .	$C^{92} H^{92} O^4$
Melissinsäure . .	$C^{64} H^{64} O^4$
Cerotinsäure . .	$C^{54} H^{54} O^4$
Eine unbenannte, näher zu untersuchende Säure .	$C^{49} H^{49} O^4$.

Cerotin und Meliſſin reihen ſich dagegen ihren Formeln nach an die Alkoholarten:

Cerotin . . . $C^{54} H^{56} O^2$
Meliſſin . . . $C^{60} H^{62} O^2$.

§. 16.

Der grüne Farbſtoff der Blätter und Stengel, das Chlorophyll, iſt ſo wie es ſich in der Pflanze findet, ein Gemenge von einem ſtickſtoffhaltigen Farbſtoff, den ich unten bei den Farbſtoffen beſchreiben werde [1]), und einem Wachſe.

Mulder hat dieſes Wachs aus den Blättern von Syringa, Populus, Vitis vinifera und Gras unterſucht und für die Zuſammenſetzung die Formel $C^{15} H^{15} O$ gefunden. Demnach iſt das Chlorophyllwachs iſomer mit dem Caprylon, das von Guckelberger unter den Erzeugniſſen der trocknen Deſtillation des caprylſauren Baryts entdeckt wurde. Es iſt wie die übrigen Wachsarten in Alkohol, namentlich in kaltem, weniger löslich als in Aether.

Wenn man grüne Blätter mit Aether auszieht, dann wird das ganze Chlorophyll, der Farbſtoff ſowohl wie das Wachs gelöſt. Läßt man die ätheriſche Löſung verdunſten und löſt man den Rückſtand in kochendem Alkohol auf, dann ſcheidet ſich das Wachs beim Erkalten aus und es kann durch Auskochen mit Waſſer und Waſchen mit kaltem Alkohol gereinigt werden.

§. 17.

Ich habe bereits oben bemerkt, daß auch andere Farbſtoffe des Pflanzenreichs von Wachs begleitet zu ſein pflegen. Ein ſolches Wachs iſt mit dem rothen Farbſtoff der Wachholderbeeren verbunden und nach der Formel $C^{40} H^{32} O^{10}$ zuſammengeſetzt. Es hat die Eigenſchaften der Wachsarten, unter denen es ſich jedoch durch ſeinen hohen Sauerſtoffgehalt auszeichnet (Mulder).

Aus den Wachholderbeeren gewann Mulder dieſes Wachs, indem er dieſelben mit Aether oder Alkohol auszog und darauf den

1) Vgl. das vierte Buch.

Aether oder den Alkohol verdunsten ließ. Durch Salzsäure, Schwefelsäure, Kali oder Natron ließ sich aus dem Gemenge der rothe Farbstoff entfernen. Das zurückbleibende Wachs wurde mit kaltem Alkohol gereinigt.

In der Rinde der Wurzel des Apfelbaums ist nach Mulder ein Wachs von gleicher Zusammensetzung enthalten.

Stroh und Zuckerrohr führen beide ein krystallisirbares Wachs. Das des Zuckerrohrs besitzt nach Avequin, der es Cerosia nannte, die Zusammensetzung C^{48} H^{50} O^{2}.

Doepping endlich hat in dem Kork von Quercus suber ein Wachs gefunden, dem er die Formel C^{25} H^{20} O^{3} beilegt. Chevreul hat dasselbe Cerin genannt, ein Name, der um so eher beibehalten werden könnte, da das oben erwähnte Cerin jetzt Cerotinsäure heißen muß.

§. 18.

Folgende Tabelle giebt eine Uebersicht der Zahlenverhältnisse von Fett und Wachs in verschiedenen Pflanzentheilen.

	In 100 Theilen	
Fett in einer Kürbißart (Courge sucrine du Brésil) . .	0,002	Girardin.
„ in der Jerusalemartischocke .	0,007	Girardin.
„ in einer neuen Kürbißart .	0,02	Mittel aus 2 Analysen, Braconnot, Girardin.
„ im Kürbiß	0,06	Braconnot.
„ in Hagebutten	0,06	Bilz.
„ in Wurzeln von Helianthus tuberosus	0,13	Mittel aus 2 Analysen, Braconnot, Payen, Poinsot und Féry.
„ in Kartoffeln	0,16	Mittel aus 3 Analysen, Michaëlis, Dumas, Payen.
„ im Fleisch der Datteln . .	0,20	Reinsch.
„ in Bohnen	0,70	Braconnot.
„ in Reis	0,75	Mittel aus 4 Analysen, Braconnot, Vogel, Gorham.

In 100 Theilen		
Fett im Kern der Datteln . .	0,80	Reinſch.
„ in Bataten	1,12	Henry.
„ in Weizen	1,42	Mittel aus 17 Analyſen, Dumas, Péligot.
„ in Roggen	1,75	Dumas.
„ in Hafer	2,00	Vogel.
„ in Helvella Mitra . . .	3,00	Schrader.
„ in Weizenkleie	3,60	Millon.
„ in Mais	3,62	Mittel aus 2 Analyſen, Gorham, Liebig.
„ in Eicheln	4,30	Löwig.
„ in den Beeren von Laurus Persea	5,56	Ricord Madianna.
„ in der Wurzel von Polypodium vulgare	8,60	Bucholz.
„ in Kaffeebohnen . . 10—	13,00	Payen.
„ in der Wurzel von Cyperus esculentus	16,67	Leſant.
„ in den Samen von Cannabis sativa	19,10	Bucholz.
„ in der Frucht von Laurus nobilis	19,90	Bonaſtre.
„ in bitteren Mandeln . . .	28,00	Vogel.
„ in der Muskatnuß . . .	31,60	Bonaſtre.
„ in dem Fleiſch der Kokosnuß	33,73	Mittel aus 3 Analyſen, Brandes, Buchner.
„ in geſchälten Kakaobohnen .	53,10	Lampadius.
„ in ſüßen Mandeln . . .	54,00	Boullay.
„ in den Samen von Canarium commune	67,00	Bizio.
„ in dem Fleiſch der Frucht von Cocos lapidea . .	73,25	Bizio.
Elain im Kern der Datteln . .	0,30	Reinſch.
„ im Olivenöl	72,00	
„ im Mandelöl	76,00	
Margarin in Mandelöl . . .	24,00	
„ in Olivenöl	28,00	

In 100 Theilen		
Stearin (?) im Kern der Datteln	0,50	Reinſch.
Myriſtin in der Muskatnuß . .	7,70	Mittel aus 2 Analyſen, Bonaſtre, Bley.
Wachs in der Wurzel von Helianthus tuberosus .	0,03	Braconnot.
„ in Hagebutten . . .	0,06	Bilz.
„ im Fleiſch der Datteln	0,10	Reinſch.
„ in der Wurzel von Lathyrus tuberosus . .	0,18	Braconnot.
„ im Saffran	0,50	Bouillon Lagrange, Vogel.
„ im Samen von Carum Carvi	1,50	Trommsdorf.
„ im ſpaniſchen Pfeffer .	7,60	Bucholz.
Cerotinſäure in Bienenwachs .	22,00	Brodie.

§. 19.

Ob die Pflanzen unmittelbar aus den einfachen Nahrungsſtoffen, die ſie aufnehmen, Fette und Wachsarten zu erzeugen vermögen, iſt eine Frage, die auf keine Weiſe entſchieden beantwortet werden kann, deren Verneinung aber viel mehr Wahrſcheinlichkeit bietet als ihre Bejahung. Seitdem Huber dargethan und Gundelach beſtätigt hatte, daß die Bienen Wachs aus Zucker bereiten, hat man überhaupt jene Frage ſo ziemlich aus dem Geſichtskreis verloren und in den ſtärkmehlartigen Körpern die Quelle der Wachsarten und der Fette geſucht.

Es verſteht ſich indeß von ſelbſt, daß die Umwandlung des Zuckers im Leibe der Bienen keinen Maaßſtab abgeben kann für die Entſtehung von Wachs in der Pflanze. Die Wichtigkeit jener von Huber entdeckten Thatſache liegt nur darin, daß ſie zuerſt dem Gedanken Raum gab, Stärkmehl und Zucker möchten überhaupt in der organiſchen Welt als Wachs- oder Fettbildner auftreten können.

Durch dieſen Gedanken wird es verſtändlich, daß die öligen Samen, bevor ſie vollſtändig entwickelt ſind, eine bedeutende Menge Stärkmehl enthalten, das in den reifen Samen durch Fett verdrängt iſt. Das Stärkmehl verſchwindet ſpurlos, die Zellen ſind mit Fett er-

füllt. Verwandlung von Stärkmehl in Fett scheint sich als unmittelbare Folgerung zu ergeben, wenn man jene Erscheinungen in einen Gedanken übersetzen will. Es liegt die Vermuthung nahe, daß das lösliche Eiweiß, die Mandelhefe oder irgend ein stickstoffhaltiger Stoff das Stärkmehl in Dextrin und Zucker verwandelte, und daß das Fett durch andere Vermittlungsstufen aus dem Zucker hervorging. Allein die Stoffe, welche zwischen Fett und Stärkmehl liegen, sind nicht erforscht, und es ist nicht unsere Aufgabe die Wege, die zu dem Ziel der Umwandlung führen, zu errathen, sondern die nächsten Zwischenerzeugnisse zu ergründen, die man als unmittelbare Mutterkörper der Fette betrachten darf.

So wie das Fett in den öligen Samen, so entsteht in den grünen Pflanzentheilen das Wachs des Chlorophylls aus Stärkmehl. Nach den Beobachtungen Mohl's besteht nämlich das Chlorophyll der Botaniker in seiner körnigen Form aus einem inneren Stärkmehlkernchen und einer äußeren grünen Schichte, die man durch Alkohol und Aether entfernen kann. Diese grüne Schichte ist um so mächtiger, je kleiner das weiße Stärkmehlkörnchen ist. Wenn man überhaupt weiß, daß die Verwandlung von Zucker in Wachs möglich ist und daß sich Stärkmehl nach vorheriger Dextrinbildung sehr leicht in Zucker umsetzt, dann scheint der Schluß gerechtfertigt, daß sich das Wachs des Chlorophylls auf Kosten jenes Stärkmehlkörnchens bildet.

Mohl hat zwar in den älteren Theilen von Conferven (Zygnema-Arten) das körnige Chlorophyll mit größeren Stärkmehlkernchen versehen gefunden, als in jüngeren Theilen. Eine Widerlegung jener Schlußfolgerung kann ich aber deshalb in dieser Beobachtung nicht sehen, weil Niemand die Möglichkeit läugnen kann, daß alte Pflanzentheile junge Chlorophyllkörner enthalten sollten und umgekehrt, während ja andererseits ein Theil des Stärkmehls unverändert bleiben könnte. Wenn aber, wie Mohl angiebt, das Chlorophyll in Pflanzentheilen auftreten kann, die vorher durchaus kein Stärkmehl führten, so ginge daraus hervor, daß das Wachs des Chlorophylls nicht immer aus Stärkmehl gebildet wird. Indeß ist es noch immer die Frage, ob jene Theile nicht gelöstes Stärkmehl enthielten, das dem Auge des Anatomen entgehen konnte [1].

1) Vgl. Mohl, die vegetabilische Zelle, in Rud. Wagner's Handwörterbuch, Bd. IV. S. 204, 205.

Es verdient jedenfalls ganz besonders hervorgehoben zu werden, daß in dem grünen Chlorophyll häufig weiße Körnchen liegen, die aus reinem Stärkmehl bestehen und sich später mit einer grünen Schichte umgeben (Mohl).

Die Umbildung von Zucker in Wachs in den Pflanzen läßt sich unmittelbar erschließen aus Avequin's Beobachtung, daß die Arten des Zuckerrohrs, die viel Wachs liefern, wenig Zucker enthalten, und umgekehrt.

Wenn sich Zucker oder Stärkmehl in Fett oder Wachs umsetzen können, so ist zugleich die Möglichkeit einer Bildung von Fett und Wachs bewiesen für alle Stoffe, die sich selbst in Stärkmehl oder Zucker verwandeln können, also auch für Zellstoff, Inulin und Gummi. In dieser Richtung ist eine Angabe Blondeau's zu verstehen, daß in den Oliven Zellstoff und Gerbsäure abnehmen, während sich die Menge des Oels vermehrt. Blondeau schließt hieraus, daß während des Reifens der Oliven die Gerbsäure den Zellstoff in Fette überführt. Daß indeß der Einfluß der Gerbsäure hierbei richtig gewürdigt ist, scheint mir von Blondeau nicht mit zwingender Ueberzeugungskraft erwiesen zu sein [1]).

Zellstoff, Stärkmehl, Zucker müssen bei der Umwandlung in Fette oder in Wachs Sauerstoff verlieren. Weil man die Zwischenstoffe nicht kennt, aus welchen als letztes Ergebniß der Entwicklung die Fette und Wachsarten gebildet werden, so läßt sich die Art und Weise des Sauerstoffverlustes nicht durch Formeln versinnlichen. Alle Fettbildner enthalten Wasserstoff und Sauerstoff im Wasserbildungsverhältnisse, während Fett und Wachs immer weniger Sauerstoff enthalten als der Aequivalentzahl des Wasserstoffs entspricht. Denkt man sich, daß durch irgend eine Vermittlung 3 Aeq. Zucker sich in 1 Aeq. Oelsäure verwandeln, dann muß der Zucker, wenn das Ziel erreicht ist, 32 Aeq. Sauerstoff verloren haben:

Zucker Oelsäure

$$3\,C^{12}\,H^{12}\,O^{12} - 32\,O = C^{36}\,H^{36}\,O^{36} - 32\,O = C^{36}\,H^{36}\,O^{4}.$$

Es ist nun bekannt, daß die Pflanzen nur im Lichte Sauerstoff

1) Vgl. Erdmann und Marchand, Journal für prakt. Chemie, Bd. XLVII. S. 411.

entwickeln und nur im Licht ihre gesunde grüne Farbe zu behaupten im Stande sind. Der grüne Farbstoff des Chlorophylls ist beständig von Wachs begleitet. Dieses stetige Verhältniß zweier Trabanten zu einander läßt einen nothwendigen Zusammenhang in der Entwicklung nicht verkennen. Ich werde weiter unten mitzutheilen haben, daß der Farbstoff des Chlorophylls keineswegs arm an Sauerstoff ist. Die Ausscheidung des Sauerstoffs und die grüne Farbe von Blättern und Stengeln scheinen also beide an die Entstehung des Wachses geknüpft, welches ohne reichlichen Sauerstoffverlust aus dem Stärkmehl nicht hervorgehen kann (Mulder).

Daraus lernt man begreifen, weshalb das Stärkmehl in allen Theilen, die dem Lichte ausgesetzt sind, spärlich vertreten ist, während Fett und Wachs in den oberflächlichsten Zellen so häufig gerade die Stelle einnehmen, welche sonst den Stärkmehlkörnchen gehört. In den Korkzellen fehlt das Stärkmehl, während dieselben Wachs enthalten können. Durch die sauerstoffraubende Gewalt des Lichtes auf die Pflanzen erklärt sich endlich die Thatsache, daß ein so sauerstoffarmer Körper, wie das Wachs, in der Mehrzahl der Fälle die Oberfläche duftig überzieht oder unmittelbar an die Cuticula grenzt.

Alle stickstofffreie Körper, die eine allgemeine Verbreitung im Pflanzenreich besitzen, vom Zellstoff an bis zum Fett und Wachs, können nach allen obigen Erörterungen nur durch eine Ausscheidung von Sauerstoff aus den Nahrungsstoffen der Pflanzen hervorgehen. Die Kohlensäure und das Wasser gehen mit ihrem Kohlenstoff, Wasserstoff und einem Theil ihres Sauerstoffs in die Gewebe der Pflanze ein. Der größte Theil des Sauerstoffs dagegen kann bei dem Aufbau des Pflanzenleibes nicht mit verwendet werden. Dieser Sauerstoff wird nach und nach in Freiheit gesetzt, aus dem Wasser sowohl wie aus der Kohlensäure.

Schon deshalb darf man sich den Austausch von Kohlensäure und Sauerstoff zwischen der Luft und den Pflanzen nicht so denken, daß von diesen eben der Sauerstoff in die Luft entweicht, den sie in der Kohlensäure der Luft entzogen haben. Gesetzt auch es wäre bewiesen, was nicht bewiesen ist, daß die Pflanze gerade soviel Sauerstoff aushaucht, wie sie in der Kohlensäure aufnimmt, so müßte doch ein Theil dieses Sauerstoffs von zersetztem Wasser abgeleitet werden (vgl. oben S. 61).

Es wird aber auch nicht etwa die Kohlensäure in dem Pflanzenleib plötzlich in Kohlenstoff und Sauerstoff zersetzt. Wenn Kohlensäure und Wasser oder auch Humusstoffe Zellstoff, Stärkmehl, Fett bilden, so ist die lange Reihe von Entwicklungen dadurch ausgezeichnet, daß sich die Tochterkörper durch immer größere Armuth an Sauerstoff von den Mutterkörpern entfernen. Und diese allmälige Ausscheidung des Sauerstoffs erhebt die elementaren Verbindungen, welche die Pflanze aus ihren Ernährungsquellen schöpft, immer höher auf die Stufenleiter organisationsfähiger Gebilde. Indem die Pflanze Kohlensäure und Wasser verwandelt in Zucker und Fett, vermittelt sie die Auferstehung des thierischen Lebens, das ganz wie der biblische Mythus es lehrt, aus Luft und Erde gezeugt wurde — aber durch die allmächtige Hülfe der Pflanzen

Kap. IV.

Die anorganiſchen Beſtandtheile der Pflanzen.

§. 1.

Nur in den ſeltenſten Fällen können die Organismen oder ihre Werkzeuge ohne alle anorganiſche Stoffe beſtehen. So fand Mulder gar keine Aſche in dem Pilze, der die Eſſigmutter darſtellt, und wenigſtens keine wägbare in dem Hornſtoff der Samen von **Iris cruciata** und **Alstroemeria aurea**.

In der Regel ſind alle Theile der Pflanzen reichlich mit anorganiſchen Stoffen geſchwängert, die in einem weſentlichen Verhältniß zu den organiſchen Gewebetheilen ſtehen. Bisher iſt es freilich nicht gelungen, die Grade der Verwandtſchaft, welche dieſem Verhältniß zu Grunde liegen, durch ſcharfe Zahlen zu beſtimmen. So viel aber ſteht nach den jetzt vorliegenden Unterſuchungen bereits feſt, daß der Beſtand und die Verrichtung der Organe an die Gegenwart anorganiſcher Stoffe geknüpft ſind. Und doch hat man erſt vor ſehr kurzer Zeit die ganze Fruchtbarkeit ſolcher Unterſuchungen einſehen gelernt und erſt eben begonnen die geeigneten Mittel zu erkennen, durch welche dieſe Forſchungen zu einer richtigen Einſicht in die Verbindungen der anorganiſchen Elemente unter ſich und mit den organiſchen Körpern der Pflanze führen können.

Wenn man die Pflanzen als einen großen Gattungsbegriff betrachtet, dann findet man, daß Kali, Bittererde, Kieſelſäure und Phosphorſäure unter den anorganiſchen Beſtandtheilen vorherrſchen. Unter den Alkalien iſt jedoch auch das Natron, unter den Erden Kalk und Thonerde, unter den Metalloxyden das Eiſenoxyd ſehr allgemein vertreten. Sowie aber das Eiſen in der anorganiſchen Natur nur höchſt ſelten ganz frei iſt von beigemengtem Mangan, ſo pflegen auch in der organiſchen Welt Spuren dieſes Metalls das Eiſen zu begleiten.

Zur Phosphorſäure geſellen ſich in den Pflanzen beinahe immer Schwefelſäure und Chlor, ſeltner Kohlenſäure, Salpeterſäure und Jod.

Das Vorkommen des letztgenannten Zünders iſt indeß viel allgemeiner, als man lange Zeit hindurch angenommen hat. Von ſeinem Auftreten in Meerespflanzen hat man zwar ſchon lange gewußt. Es ſtellt ſich aber täglich in zahlreicheren Beiſpielen heraus, daß auch die Süßwaſſergewächſe und ſelbſt die Landpflanzen Jod enthalten, ähnlich wie man durch Henry weiß, daß das Jod nicht bloß im Kochſalz der See, ſondern auch im Steinſalze ſpurweiſe gefunden wird.

Preuß hatte ſchon vor zehn Jahren Jod in der Pottaſche gefunden [1]). Später wies Lamy dasſelbe nach in Runkelrüben, die er aus der Fabrik zu Waghäusl bezogen hatte, und Fehling hat dies für die Pottaſche der Rübenmelaſſe beſtätigt [2]). Die ausführlichſte Reihe von Unterſuchungen über das Vorkommen des Jods verdankt indeß die Wiſſenſchaft Chatin [3]), der, veranlaßt durch eine Angabe Müller's, daß Jod in einer Kreſſe von unbekanntem Urſprung gefunden ſei, dieſen Zünder erſt in einer ganzen Reihe von Süßwaſſerpflanzen, dann aber auch in mehren Landpflanzen entdeckte. Unter den Waſſerpflanzen fand Chatin das Jod z. B. in **Veronica Beccabunga, Oenanthe Phellandrium** und **Nasturtium aquaticum**, drei heilkräftigen Pflanzen, deren Wirkung Chatin vom Jodgehalte ableitet. Eugène Marchand erhielt Jod aus **Ranunculus aquaticus** und einer anderen nicht näher beſtimmten Süßwaſſerpflanze, Perſonne aus **Jungermannia pinguis**, einer Flußpflanze, Meyrac aus **Anabaina thermalis** und **Oscillaria Gratelupi**, zwei Oscillarieën, die in der Nähe der Quellen von Bar wachſen.

Sogar aus foſſilen Fucus hat Dorvault Jod gewonnen.

Nach Dorvault [4]) findet ſich das Jod in den Meerespflanzen als Jodkalium. Chatin beobachtete es gleichfalls immer in löslicher Form; das ausgepreßte und ausgewaſchene Parenchym enthält kein Jod.

---

1) Liebig und Wöhler, Annalen Bd. LXXV, S. 66.

2) A. a. O. S. 67.

3) Journal de pharmacie et de chimie 3e sér. T. XVII, p. 418 et suiv.

4) Comptes rendus, T. XXVIII, 1849 p. 66.

Seltner als Jod tritt das Brom in der Pflanzenwelt auf. Man hat es indeß in Meerespflanzen gefunden und Meyrac beobachtete in Anabaina thermalis und Oscillaria Gratelupi Bromkalium neben Jodkalium [1]).

Endlich reiht ſich auch noch das Fluor an die Zünder, die in Pflanzen gefunden worden. James, Müller und Blake wieſen daſſelbe in Gerſte nach, die in der franzöſiſchen Schweiz gebaut war, und Völcker hat es neuerdings in Armeria maritima gefunden [2]).

Neben den genannten Stoffen, die mit Ausnahme des Broms alle mehr oder weniger allgemein durch das Pflanzenreich verbreitet ſind, trifft man bisweilen in geringer Menge einzelne Stoffe, die aus dem zufälligen Aufenthaltsorte der Pflanze herzuleiten ſind und in keiner nothwendigen Beziehung zu dem Leben derſelben ſtehen. Schon früher hatte Sarzeau in Weizen einmal Kupfer aufgefunden, und neuerdings haben Durocher, Malaguti und Sarzeau berichtet, daß Kupfer, Silber und Blei in Seetang vorkommen [3]). Vielleicht iſt das Kupfer in der Pflanzenwelt verbreiteter als man bisher weiß, da nach Harleß Kupfer ein weſentlicher Beſtandtheil des Blutes einiger pflanzenfreſſender Weichthiere ſein ſoll. Ganz neuerdings fand Stein in Dresden unzweifelhafte Spuren von Arſenik in Holzkohlen, Roggenſtroh — nicht in den Körnern —, in den äußeren Blättern des Kopfkohls (Brassica oleracea), in den Wurzeln der weißen Rübe (Brassica rapa) und in den Knollen der Kartoffeln [4]). Stein erinnert an ältere Beobachtungen von Chatin und Legrip, die in Pflanzen, welche auf einem mit Arſenik abſichtlich vergifteten Boden wuchſen, ebenfalls dieſes Element nachweiſen konnten. Während Legrip den Arſenik nur in dem Wurzelſtock und den Wurzelblättern beobachtete, fand ihn Chatin in allen Theilen der Pflanze, jedoch in Samen und Früchten weniger als in den blattartigen Organen.

---

1) Journal de pharm. et de chim. 3e sér. T. XVII p. 450.

2) Froriep's Notizen, December 1849. S. 294.

3) Journ. de pharm. et de chim., 3e sér. T. XVII, p. 281.

4) Stein in Erdmann's Journal für praktiſche Chemie, Bd. LI, S. 305—309.

§. 2.

So lange man bloß weiß, welche Säuren und Baſen die Pflanze beſitzt, oder gar nur welche Grundſtoffe, hat man nur wenig erreicht für die Beurtheilung der Form, in welcher der lebende Organismus die anorganiſchen Elemente führt. Die anorganiſchen Elemente werden gewöhnlich in der Pflanzenaſche aufgeſucht. Wer aber vermag zu beſtimmen, wie oft ein Grundſtoff, der in die Conſtitution eines organiſchen Körpers einging, in der Aſche als Baſis oder als Säure auftritt?

Der Schwefel und Phosphor der eiweißartigen Verbindungen werden bei der Bereitung der Aſche wenigſtens theilweiſe zu Schwefelſäure und Phosphorſäure verbrannt. Die organiſche Grundlage des Badeſchwamms enthält Jod, das in der Aſche als jodſaures Kali auftritt, und ſolche Fälle wiederholen ſich vielleicht öfter als man bisher vermuthet.

Nach H. Roſe ſollten ſogar diejenigen Grundſtoffe, von denen man es am wenigſten anzunehmen geneigt iſt, zum Theil in nicht oxydirtem Zuſtande mit den organiſchen Beſtandtheilen der Pflanze verbunden ſein. Pflanzentheile, die eine große Menge nicht oxydirter Mineralſtoffe enthalten, nennt Roſe meroxydiſch, im Gegenſatz zu den teleoxydiſchen, deren ſämmtlicher Gehalt an anorganiſchen Stoffen in der Form von Baſen und Säuren mit Sauerſtoff verbunden iſt.

Die Grundlage jener von Roſe aufgeſtellten Eintheilung iſt aber durch eine lehrreiche Arbeit Strecker's bedeutend erſchüttert worden. Roſe betrachtet nämlich alle diejenigen Grundſtoffe als anoxydiſch, d. h. als unmittelbar, in ſauerſtofffreiem Zuſtande zur Conſtitution der organiſchen Verbindungen gehörig, die ſich aus den verkohlten Pflanzentheilen durch Waſſer und Salzſäure nicht ausziehen laſſen [1]).

Strecker hat aber durch Verſuche gezeigt, daß die ſogenannten anoxydiſchen Stoffe nur dann wirklich in der Kohle zurückbleiben, wenn die Menge der letzteren im Verhältniß zur Menge der anorganiſchen Beſtandtheile ſehr groß iſt. Wenn ſehr viel Kohle neben den

1) Poggendorf's Annalen, Bd. LXX, S. 449 u. folg.

Mineralstoffen vorhanden ist, dann hüllt sie diese ein und schützt dieselben vor der Einwirkung der gewöhnlichen Lösungsmittel, ganz so wie Gold das Silber theilweise dem Eingriff des Scheidewassers entzieht, wenn man es mit goldreichen Legirungen zu thun hat [1]).

Dem entsprechend sind diejenigen Stoffe, welche Rose teleorodisch nennt, nach der Verbrennung verhältnißmäßig arm an Kohle und reich an anorganischen Bestandtheilen, so daß die letztgenannten leicht ausgezogen werden können, so z. B. das Stroh, oder im Thierreich, (auf welches Rose's Eintheilung sich auch erstrecken sollte), Horn, Knochen und Galle.

Nach Strecker könnte auch die Verwandtschaft der Kohle zu den Mineralbestandtheilen die Ursache sein, weshalb letztere durch Wasser und Salzsäure aus Rose's merorodischen Pflanzentheilen nicht entfernt würden. Strecker hält jedoch mit Recht die einhüllende Wirkung der Kohle für bedeutender, weil die in Pflanzen (und Thieren) vorkommenden anorganischen Stoffe im Allgemeinen von der Kohle nicht aus wässrigen Lösungen aufgenommen, oder wenn dies geschieht, — wie z. B. beim Kalk, — aus der Kohle durch Salzsäure wieder ausgewaschen werden.

Aus den angeführten Gründen werde ich mich weder für die Pflanzen, noch für die Thiere an Rose's Eintheilung halten. Denn je bedeutender Rose's Verdienste um die Aschenanalyse sind, desto mehr wäre es zu bedauern, wenn man durch irrige physiologische Schlußfolgerungen den Werth seiner mühevollen Forschungen in Zweifel hüllen sollte.

Wenn man nun oft noch Ursache hat, es dahingestellt sein zu lassen, ob und in welcher binären Verbindung die anorganischen Grundstoffe in der Pflanze enthalten sind, — nicht minder großen Schwierigkeiten begegnet man, wenn man es versucht die Salze zu bestimmen, in welchen die aus der Asche gewonnenen Säuren und Basen im Organismus auftreten. Selbst wenn man gewiß weiß, daß diese Säuren und Basen als solche auch in der Pflanze vorhanden sind, bleibt bei der Vertheilung derselben zu Salzen der Willkür ein allzu großer Spielraum. Neuerdings hat z. B. Caillat darauf aufmerk-

1) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXXIII, S. 351—353.

ſam gemacht, daß man nicht alle Schwefelſäure der Aſche von Pflanzen, die Gyps aufnehmen konnten, auf Kali beziehen darf. Wenn man Pflanzen, die auf gegypſtem Boden wuchſen, verbrennt, dann geht ein Theil der Schwefelſäure verloren. Dies rührt nach Caillat daher, daß die organiſchen Stoffe bei hoher Temperatur den ſchwefelſauren Kalk zerſetzen, während dies mit dem ſchwefelſauren Kali nicht der Fall iſt [1]). Ebenſo werden bei ſtarker Glühhitze kohlenſaure Salze zerſetzt, Phosphorſäure theilweiſe reducirt und verflüchtigt, während andererſeits Kieſelſäure, die im freien Zuſtande abgelagert war, ſich mit Alkalien verbindet [2]).

Wegen dieſer Unſicherheit, welche uns bei der Vertheilung der einzelnen Baſen an beſtimmte Säuren entgegentritt, wird es in neuerer Zeit immer mehr beliebt, die Ergebniſſe quantitativer Analyſen auf die Säuren und Baſen einzeln, und nicht auf die Salze zu beziehen.

Als Ausnahmen, in welchen man die Salze, zu welchen Baſen und Säuren in der Pflanze verbunden ſind, mit Beſtimmtheit kennt, ſind die Fälle hervorzuheben, in welchen man anorganiſche Salze in Kryſtallform beobachtet hat. Dahin gehört das nicht ſeltne Auftreten des kohlenſauren Kalks in Zellmembranen und der kryſtalliſirte ſchwefelſaure Kalk, den man in Musaceen findet [3]).

§. 3.

Obgleich wir in dieſem Augenblicke noch weit davon entfernt ſind, eine erſchöpfende und zugleich gehörig charakteriſtiſche Eintheilung der Pflanzen nach ihren Aſchenbeſtandtheilen vornehmen zu können, ſo kennt man doch viele Pflanzenarten, die ohne beſtimmte anorganiſche Stoffe ihre volle Entwicklung nicht erreichen.

---

1) Comptes rendus, T. XXIX, 1849 Octobre p. 448, 449.

2) Vergl. die ausführliche Arbeit von Emil Wolff, über die mineraliſchen Stoffe der Roßkaſtanie, in dem Journal von Erdmann und Marchand, Bd. XLIV, S. 476.

3) Vergl. Mohl, die vegetabiliſche Zelle in R. Wagner's Handwörterbuch, Bd. IV, S. 210, 249.

So gedeiht der Weinſtock nicht ohne Kali, das Getreide nicht ohne phosphorſaure Alkalien und Erden, die Equiſetaceen nicht ohne einen großen Reichthum an Kieſelſäure. Nach Liebig erfordern die Tabackspflanze, die Weinrebe, Erbſen und Klee eine reichliche Menge Kalk, die Kartoffeln, Runkelrüben und andere Pflanzen in derſelben Weiſe die Bittererde [1]). Salpeter iſt eigenthümlich für den Taback, den Weinſtock, den Nußbaum, für Boratſch, Piſangfrüchte, Sellerieblätter, und nach Böbeker für die Columbowurzel [2]). Blumenkohl, Schnittſalat, Weintrauben, Kartoffeln, Ingwer-, Kurkuma- und Galanga-Wurzeln, die Rinde von Winterana Canella, das isländiſche Moos, der Thee enthalten Mangan, der Thee nach Mulder als übermanganſaures Kali. Kupfer, das, wie ich oben angab, in Seetang und vereinzelt in Weizen beobachtet wurde, iſt außerdem in der Galangawurzel, in Pfeffer und Vanille aufgefunden worden.

Allein ſoviel auch, namentlich von der Gießner Schule, für die Erforſchung der Pflanzenaſchen geſchehen iſt — man denke nur an die fleißigen Analyſen, die Freſenius und Will veröffentlicht haben, — die Zahl der unterſuchten Pflanzen und Pflanzentheile iſt immer noch viel zu klein, als daß man eine Eintheilung mit Glück verſuchen könnte. Freſenius und Will theilten die Aſchen ein in

1) ſolche, die vorwaltend kohlenſaure Alkalien und kohlenſaure Erden enthalten;

2) ſolche, in welchen die phosphorſauren Alkalien und alkaliſchen Erden vorherrſchen;

3) ſolche, die einen großen Reichthum an Kieſelſäure beſitzen.

Zur erſten Klaſſe rechnen Freſenius und Will die Aſchen der Holzarten und der krautartigen Gewächſe, ſo weit dieſe reich ſind an pflanzenſauren Salzen, zur zweiten Klaſſe faſt alle Samenaſchen, zur dritten die Halme der Gramineen und die der Equiſetaceen.

Man ſieht aber auf den erſten Blick, daß der Eintheilungsgrund weder hinlänglich charakteriſtiſch, noch erſchöpfend iſt, ſo daß man keinerlei Bürgſchaft hat, daß nicht eine und dieſelbe Aſche zu-

---

1) Liebig, die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Phyſiologie, 6te Auflage Braunſchweig 1846, S. 99.

2) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXIX, S. 51.

gleich in zwei Klaſſen vorkommen könne, noch auch daß wirklich ſämmtliche Pflanzenaſchen zu einer dieſer drei Rubriken gehören müſſen. So läßt ſich die Aſche der Apfel- und Beerenfrüchte zugleich in die erſte und in die zweite Klaſſe einreihen, während z. B. die Aſche der Endivie nach Richardſon's Zahlen keiner der drei Klaſſen deutlich untergeordnet iſt.

Es iſt indeſſen ſchon viel damit gewonnen, daß man weiß, wie in einzelnen Pflanzen beſtimmte anorganiſche Beſtandtheile ſo beſtändig vorherrſchen, daß man eine feſte Verwandtſchaft verſchiedener Pflanzenarten zu verſchiedenen anorganiſchen Stoffen annehmen muß.

§. 4.

Trotz jener feſten Verwandtſchaft, die allen Pflanzenarten gewiſſe anorganiſche Beſtandtheile unentbehrlich macht, findet man, daß der eine oder andere Stoff, namentlich die eine oder die andere Baſis durch verwandte andere vertreten werden kann. Man erwartet dies von vorne herein zunächſt für Kali und Natron, für Bittererde und Kalk. Die Spargeln enthalten bald viel Kali und wenig Natron, bald viel Natron und wenig Kali (Levi, Richardſon, Schlienkamp). Dickie in Aberdeen fand in Pflanzen, die an der Seeküſte Natron und Jod enthielten, vorherrſchend Kali und kein Jod, wenn ſie im Binnenlande wuchſen. Völcker beſtätigte dies für die Seenelke, Armeria maritima[1]). In ähnlicher Weiſe fand Richardſon in Blumenkohl ungefähr gleichviel Kalk wie Bittererde, während in Blumenkohl, den Herapath unterſuchte, nur Spuren von Bittererde einen großen Reichthum an Kalk begleiteten. Im letzteren Falle war alſo die Bittererde durch Kalk erſetzt.

Aber die Erden können auch theilweiſe die Alkalien vertreten. Richardſon fand in der Aſche von Blumenkohl beinahe 50 Procent Kali und Natron und 5 Procent Erden, während Herapath aus derſelben Pflanze in der Aſche 30 Procent Alkalien und 23 Procent Kalk erhielt.

---

1) Froriep's Notizen, December 1849. S. 294.

Viel beſtändiger iſt im Allgemeinen das Verhältniß der Säuren, namentlich der Phosphorſäure und Schwefelſäure, von denen jene in der großen Mehrzahl der Fälle bedeutend das Uebergewicht hat. In einzelnen Beiſpielen hat man jedoch auch eine gegenſeitige Vertretung dieſer beiden Säuren wahrgenommen. In 100 Theilen der Aſche des Spinats fand Saalmüller 8,56 Phosphorſäure und 4,44 Schwefelſäure, Richardſon dagegen umgekehrt 7,89 Phosphorſäure und 9,30 Schwefelſäure.

Aehnliche Thatſachen haben Liebig veranlaßt, die Möglichkeit jener Vertretung in einem allgemeinen Geſetze ſo auszudrücken, daß die Pflanze einer nie wechſelnden Menge von Baſen bedürfe, unter denen die eine jedoch die andere häufig vertreten könne, vorausgeſetzt daß die Sättigungscapacität, d. h. die Anzahl der Sauerſtoffäquivalente in der Geſammtmenge der Baſen ſich gleich bleibe.

Wenn nun gleich aus dem Verhältniß der Weinrebe zum Kalk, der Runkelrübe zur Bittererde, der Equiſetaceen zur Kieſelerde und aus ſo vielen anderen Thatſachen, die Liebig ſelbſt hervorgehoben hat, unzweideutig hervorgeht, daß Liebig mit jenem Geſetze keine ganz unbedingte Vertretbarkeit der einen Baſis durch die andere lehren will, ſo läßt ſich doch nicht läugnen, daß er überhaupt dieſe gegenſeitige Vertretung in viel zu weiten Grenzen angenommen hat.

Zunächſt iſt die Menge der Baſen in einer und derſelben Pflanzenart keineswegs ſo beſtändig, wie Liebig angenommen hat. Nach Davy kann die Menge der Aſche im Weizen von 3 bis 15 Procent wechſeln, in den Kartoffeln nach Herapath zwiſchen 0,88 und 1,30. Und für den Sommerroggen hat E. Wolff gezeigt, daß der Gehalt an anorganiſchen Beſtandtheilen beträchtlich wechſeln kann, während die procentiſche Zuſammenſetzung der Aſche durchaus dieſelbe bleibt [1]).

Daß wenigſtens die Sättigungscapacität unveränderlich ſein ſollte, gleichviel wo die zu einer und derſelben Art gehörigen Pflanzen gewachſen wären, ſchloß Liebig aus Analyſen von Berthier für Tannen und Fichten. Will und Freſenius haben indeß zehn Tabacksſorten unterſucht und für dieſe den Sauerſtoffgehalt der Baſen in einem gleichen Gewicht der Aſche keineswegs ſo übereinſtimmend gefunden, wie es bei genauen Analyſen dem Liebig'ſchen Geſetz ent-

1) E. Wolff in Erdmann's Journal, Bd. LII, S. 97.

ſprechen würde [1]). Ebenſo fand Herapath den Sauerſtoffgehalt der Baſen in wilden Spargeln gleich 5,69, während derſelbe in kultivirten Spargeln 7,52 betrug [2]). Das Minimum des Sauerſtoffs der Baſen in 100 Theilen Aſche des Flachſes war nach Mayer und Brazier 13,36, das Maximum 17,89. Nach Way ſchwankt die Menge des baſiſchen Sauerſtoffs im Weizen zwiſchen 11,02 und 14,46 [3]).

Es iſt alſo weder das Gewicht der Baſen überhaupt, noch auch die Sauerſtoffmenge derſelben eine beſtändige Größe.

Gegen die unbedingte Vertretung ſprechen aber zahlreiche Thatſachen.

Bei der Lehre der Endosmoſe habe ich bereits erwähnt, daß die Pflanzen die anorganiſchen Beſtandtheile keineswegs in denſelben Verhältniſſen führen wie die Ackererde. So beträgt nach Karl Biſchof die Natronmenge in der Aſche von Buchenholz und Eichenholz nur einige Procente von der Menge der Alkalien, und dies ſelbſt dann, wenn das Holz auf einem Geſtein gewachſen iſt, in welchem die Natronmenge den Kaligehalt beinahe um das Fünffache übertrifft [4]). Nach Forchhammer's Analyſe enthalten die Seepflanzen im Durchſchnitt eben ſo viel Kali wie Natron, einige Pflanzen, wie Laminaria latifolia, Eklonia buccinalis, Iridaea edulis und Polysiphonia elongata, ſogar mehr Kali als Natron.

Alſo iſt die Verwandtſchaft der Pflanze das Entſcheidende, nicht der Reichthum der Quelle, aus welcher ſie dieſen oder jenen Beſtandtheil ſchöpft.

Daher iſt es möglich, daß Pflanzen Einer Art die gleiche Aſche liefern, wenn ſie auch in ſehr verſchieden gemiſchten Erden gewachſen ſind. Lampadius machte fünf Verſuchsbeete von 4 Fuß im Quadrat und 1 Fuß tief, in welchen er Gartenerde miſchte 1) mit Kieſelſäure, 2) mit Thonerde, 3) mit Kalk, 4) mit Bittererde, während er das

---

1) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. L, S. 396.

2) Erdmann und Marchand, Journal für praktiſche Chemie, Bd. XLVII, S. 397.

3) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXXI, S. 323.

4) Erdmann und Marchand, Journal Bd. XLVII, S. 207.

fünfte unvermiſcht ließ. Zu jedem Beete ſetzte er ſodann 8 Pfund Kuhdünger hinzu. Der in dieſen Miſchungen geſäte Roggen beſaß für alle fünf Beete dieſelbe Aſche [1]).

Aus demſelben Grunde gedeihen die Pflanzen beſſer, wenn ihnen die anorganiſche Verbindung zu Gebot ſteht, zu welcher ſie eine beſondere Verwandtſchaft beſitzen. Das hat ſchon Sprengel durch einen unmittelbaren Verſuch in Erfahrung gebracht. Sprengel theilte nämlich einen Kübel in ſechs Fächer, die er alle mit Gartenerde füllte, welche im erſten Fach mit kohlenſaurem Kali, im zweiten mit Knochenpulver, im dritten mit Kochſalz, im vierten mit Gyps, im fünften mit Kali, Knochenpulver und Gyps gemiſcht, im ſechsten unvermiſcht war. Er ſetzte auf dieſen Kübel einen anderen, der keinen Boden hatte, füllte denſelben auch mit Gartenerde und ſetzte in dieſe eine Pflanze von **Trifolium pratense**, die mit vielen, etwa ſechs Zoll langen Wurzeln verſehen war. Nach vier Monaten verhielten ſich die Wurzeln in den einzelnen Fächern des unteren Gefäßes ſehr verſchieden. Das Fach, welches den Zuſatz des Knochenpulvers enthielt, hatte die meiſten und üppigſten Wurzeln, während die wenigſten und die feinſten in dem Fache waren, in welchem das Kochſalz ſich befand. In ähnlicher Weiſe ſah Wiegmann **Astragalus Cicer**, **Coronilla varia** und **Galega orientalis** auf einem harten, mit Kalk geſchwängerten Weg üppig wachſen und lange Wurzeln ſchießen, während ſie in benachbarter lockerer Gartenerde nur ſehr kurze und wenige Wurzeln getrieben hatten [2]).

Salm Horſtmar hat durch Verſuche, bei welchen er reine Kohle als künſtlichen Boden mit verſchiedenen anorganiſchen Beſtandtheilen vermiſchte, gefunden, daß Kali, Kalk, Bittererde, Eiſen, Phosphorſäure, Schwefelſäure und Kieſelſäure für Hafer unentbehrliche Beſtandtheile ſind. Natron konnte das Kali nur auf Koſten der Stärke der Haferpflanze erſetzen, Magneſia den Kalk gar nicht. [3]). Für die einzelnen Theile der Roßkaſtanie lehrten Wolff und Staffel, daß eine Ver-

---

1) Erdmann und Marchand, Journal, Bd. XLIX, S. 253, 254.

2) Vgl. meine Kritiſche Betrachtung von Liebig's Theorie der Pflanzenernährung, Harlem 1845, S. 80, 81.

3) Erdmann und Marchand, Journal, Bd. XLVI, S. 208, 209 und Bd. LII, S. 30.

tretung des Kalks durch Bittererde nur innerhalb sehr enger Grenzen, dagegen eine Vertretung von Kali durch Natron gar nicht stattfindet [1]).

Daher erklärt es sich, daß Pflanzen den Boden erschöpfen, daß man dieselbe Frucht auf einem und demselben Acker nicht immer aufs Neue bauen kann, wenn man der Erde nicht die anorganischen Bestandtheile als Dünger zuführt, welche ihm die Erndte entzogen hatte. Daher also der Nutzen der Wechselwirthschaft, des Einackerns der Stoppeln, der Brachfrüchte, des Gypses, des Knochenpulvers, kurz aller Düngerarten, welche die geeigneten Mineralstoffe auf den Acker bringen.

Je nach ihrer eigenthümlichen Zusammensetzung entziehen die Pflanzen dem Acker die anorganischen Stoffe in verschiedener Menge. Von einer Fläche Lands, der Weizen 7,5 Pfund Alkalien und 6,9 Pfund Phosphorsäure entzieht (Way), werden durch Flachs nach den Analysen von Kane, von Mayer und Brazier 12,21 Pfund Alkalien und 5,94 Pf. Phosphorsäure entfernt [2]). Flachs erschöpft also den Boden in hohem Grade, hinsichtlich der Phosphorsäure beinahe so stark, wie die Feldfrüchte, und hinsichtlich der Alkalien bedeutend stärker.

Diese regelmäßig wiederkehrende Verwandtschaft lehrt also, daß die Pflanzen ohne ihre eigenthümlichen anorganischen Stoffe nicht bestehen können. Sehr zu beherzigen sind deshalb für den Landwirth die Worte von Mayer und Brazier: „Die Vegetation der Flachspflanze gleicht dem Wachsthum des Zuckerrohrs, von dessen Pflege „wir ein ganz aus atmosphärischen Bestandtheilen zusammengesetztes „Produkt erwarten. Die anorganischen Theile, welche von der Pflanze „aufgenommen werden, sind nur die Werkzeuge um es hervorzubringen „und sollten ebenso sorgfältig bewahrt werden, wie die Werkzeuge in „einer Fabrik, um bei der Erzielung künftiger Erndten ferner Dienste „zu leisten [3])."

§. 5.

Nicht nur die Pflanzenart, auch die verschiedenen Theile derse-

---

1) Ebendaselbst Bd. XLIV, S. 485 und Erdmann's Journal Bd. LII, S. 128.

2) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXXI. S. 320.

3) A. a. O. S. 321.

den Pflanze zeigen eine verſchiedene Verwandtſchaft zu verſchiedenen anorganiſchen Stoffen.

Im Allgemeinen herrſchen in den Samen Kali, Bittererde und Phosphorſäure vor, in dem Stamm und den Stengeln dagegen Natron, Kalk, Schwefelſäure und Chlor. So fand es Rammelsberg für Raps und Erbſen. Die Erbſen enthielten 3½ mal ſoviel und die Rübſamen 8 mal ſo viel Phosphorſäure wie das Stroh. Erdmann[1]) hat dieſe Verhältniſſe für Erbſen durchweg, und Alexander Müller[2]) für Olea europaea mit alleiniger Ausnahme des Chlors beſtätigt. Das gleiche Verhältniß fand Letellier für den Samen und Hruſchauer für das Stroh des Mais hinſichtlich des Natrons und der Phosphorſäure, Petzholdt für Kali, Natron, Kalk, Talk, Phosphorſäure und Schwefelſäure im Weizen. Will und Freſenius, Bichon, Gerathewohl beobachteten das Vorherrſchen der Bittererde und der Phosphorſäure im Samen des Roggens, Way in dem Samen der Gerſte, während Chlornatrium und Kalk reichlich in Gerſtenſtroh vertreten waren. Dieſelbe Vertheilung von Kalk, Bittererde und Phosphorſäure in der Haferpflanze beobachteten Bouſſingault, Knop und Schnedermann, Levi und Salm Horſtmar, welcher letztere ſie auch für Natron, Schwefelſäure und Chlor beſtätigt fand. Poleck und Levi beobachteten das Vorwalten der Phosphorſäure in den Samen und das Vorherrſchen des Kalks im Holz von Pinus picea, Böttinger ebenſo für Pinus sylvestris, welcher Baum überdies vorzugsweiſe das Kali im Samen, das Natron im Holz enthielt.

Von Erdmann, der die mitgetheilten Beſtätigungen dieſer Regeln zuſammengeſtellt hat, wurden auch einige Ausnahmen derſelben geſammelt. Way und Salm Horſtmar haben nämlich im Roggen- und Haferſtroh mehr Kali gefunden als in den Samen; Bouſſingault, Knop und Schnedermann, Levi fanden im Stroh und in den Samen des Hafers gleich viel Kali. Nach E. Wolff enthält das Holz der Roßkaſtanie gar kein Natron, welche Baſis freilich auch in den übrigen Theilen dieſes Baumes äußerſt ſpärlich vertreten iſt[3]).

---

1) Erdmann und Marchand, Journal Bd. XLI, S. 84, 89, 90.

2) Journal für praktiſche Chemie, Bd. XLVII, S. 340.

3) E. Wolff in Erdmann's Journal Bd. LII, S. 123, 124.

Die Samen der Apfelſine enthalten kaum $^1/_{12}$ des Natrongehalts der Frucht ohne Samen (How und Rowney). Hülſen und Ovarien ſehr vieler Monocotyledonen ſind reich an Kieſelerde (Schultz).

In Pflanzen, die auf gegypſtem Boden wachſen, enthalten die Knoſpen, Blätter und Blüthen viel mehr Gyps als die alten Stengel (Caillat)[1]).

Während Rinde und Holz der Roßkaſtanie ausgezeichnet ſind durch den Gehalt an kohlenſaurem Kalk, ſind die Blätter vorzugsweiſe reich an Kieſelerde und ſchwefelſaurem Kali, und die Früchte führen eine beträchtliche Kalimenge, an Phosphorſäure und an Kohlenſäure gebunden. Innerhalb der Frucht vertheilen ſich dieſe Alkaliſalze wieder ſo, daß das phosphorſaure Kali dem Kern, das kohlenſaure Kali neben dem kohlenſauren Kalk der grünen Schale gehört. (Emil Wolff).

Demnach haben die einzelnen Pflanzenorgane ſo gut ihre feſte Verwandtſchaft zu den Mineralbeſtandtheilen, wie das Vorkommen der organiſchen Stoffe an beſtimmte Gewebe geknüpft iſt. Welche organiſche Stoffe oder organiſirte Gewebetheile aber vorzugsweiſe dieſe oder jene Baſen und Säuren anziehen, das iſt leider bisher gänzlich unbekannt. Die Pflanze ſteht hier als Gegenſtand der Forſchung im Nachtheil gegen das Thier, weil dort weniger als hier eigenthümliche Gewebe auf beſtimmte Organe beſchränkt ſind.

Wer ſich daran gewöhnt hat, die anorganiſchen Stoffe nicht als zufällige Beimengungen, ſondern als weſentliche Gewebetheile zu betrachten, als Stoffe, deren Beziehung zu den organiſchen Grundlagen der Gewebe von ſtrengen Geſetzen einer unverbrüchlichen Nothwendigkeit beherrſcht wird, der kann in den angeführten Thatſachen zwar ſehr erwünſchte, aber doch erſt ganz beſcheidene Anfänge erblicken für einen Abſchnitt der Phyſiologie, in welcher die Thierchemie ſchon weit größere Fortſchritte gemacht hat. Es läßt ſich nicht bezweifeln, daß eine Zellwand, die von Fruchtmark verdickt iſt, andere anorganiſche Beſtandtheile enthalten muß, als eine Zellwand, in welcher die verdickenden Schichten aus den Holzſtoffen, Stärkmehl, Pflanzenſchleim oder Hornſtoff beſtehen. Leider wird aber die Wiſſenſchaft noch ſo vielfach gedrückt von den unruhigen, die ſichere Bahn der cauſalen Forſchung

1) Comptes rendus, T. XXIX, 1849 p. 448, 449.

überhüpfenden Erstrebungen eines Ziels, das vielfach an die Goldmacherei erinnern könnte, daß wir der Beantwortung jener Fragen nur mit geduldigem Eifer entgegensehen können[1]).

§. 6.

Neben der Beschaffenheit ist auch die Menge der anorganischen Stoffe in den verschiedenen Theilen der Pflanze verschieden. So enthält in der Regel der Stamm in seinen unteren Theilen weniger anorganische Bestandtheile als in den höheren, der Stamm überhaupt weniger als die Zweige, die Zweige weniger als die Samen, die Samen weniger als die Blätter, was zum Theil dnrch die reichliche Verdunstung von den Blättern erklärt wird. Die Wurzeln enthalten häufig mehr anorganische Bestandtheile als das Stroh (Johnston)[2]). Nach Rammelsberg enthält indeß das Stroh der Gramineen und Leguminosen mehr anorganische Bestandtheile als der Samen, und Erdmann hat dies für die Erbsen bestätigt.

Asche in 100 Theilen Erbsenstroh 4,15, Erbsen 3,28 Rammelsberg,
" " " " " 8,28, " 3,34 Erdmann.

Aus diesen Zahlen ergiebt sich zugleich, daß die Menge der anorganischen Bestandtheile in den Körnern beständiger ist als im Stroh, eine Wahrheit, die sich nach Magnus besonders auch für Chlor und Phosphorsäure bestätigt, wenn man deren Menge in dem Stroh und den Körnern der Rapspflanze vergleicht. Das Stroh führt eine reichlichere Menge von anorganischen Stoffen im Safte gelöst, die von der Verwandtschaft der Gewebe nur mittelbar abhängig sind und deshalb innerhalb breiterer Grenzen schwanken können[3]).

Die Menge der in Wasser löslichen Salze nimmt in der Roßkastanie ab von der Rinde gegen die inneren Schichten des Holzes

---

1) Ich habe bei dieser Darstellung sehr bedauert, daß ich Herapath's Arbeit über den Maulbeerbaum nur nach einer Anführung in Svanberg's Jahresbericht kenne.

2) Johnston's Elements of agricultural chemistry and geology, fourth edition, London and Edinburgh, 1845, p. 43. Vgl. auch die so eben erschienene Abhandlung von E. Wolff in Erdmann's Journal, Bd. LII, S. 94.

3) Vgl. Magnus in Erdmann und Marchand, Journal für praktische Chemie, Bd. XLVIII. S. 478.

(Wolff)[1]), dagegen zu vom Stamm bis zur Frucht. Vogel jun. fand für Pyrus spectabilis das Verhältniß der löslichen Salze in Stamm, Blättern und Frucht wie 1 : 2 : 8. In Pyrus spectabilis und Sambucus nigra nahm die Menge der phosphorsauren Salze vom Stamm bis zur Frucht um das Viersache zu[2]).

Alle diese Verhältnisse werden sowohl in qualitativer wie in quantitativer Hinsicht sehr schön bestätigt durch die Zahlen Alexander Müller's für das Holz, die Blätter und die Früchte von Olea europaea, die deshalb hier einen Platz finden mögen[3]).

	Olivenholz.	Olivenblätter.	Olivenfrüchte.
Aschenmenge in 100 Theilen	0,58	6,45	2,61
In 100 Theilen Asche			
Kali	20,60	24,81	54,03
Chlorkalium	1,00	2,76	9,56
Kalk	63,02	56,18	15,72
Bittererde	2,31	5,18	4,38
Phosphorsaures Eisen und Mangan	1,39	1,07	2,24
Phosphorsäure	4,77	3,24	7,30
Schwefelsäure	3,09	3,01	1,19
Kieselsäure	3,82	3,75	5,58.

§. 7.

Schon de Sauſſure kannte den Einfluß, den die Entwicklungsstufe auf die Vertheilung der anorganischen Stoffe in den Pflanzen ausübt. Aus seinen Analysen wurde zuerst die Regel abgeleitet, daß die jugendlichen Werkzeuge vorzugsweise die löslichen Alkalisalze, die älteren dagegen Erdsalze und Metallsalze führen.

In ähnlicher Weise sind nach den neuesten Untersuchungen Wolff's[4]) der phosphorsaure und der kohlensaure Kalk an junge und alte Pflanzenorgane vertheilt. Von diesen Kalksalzen ist das

---

1) E. Wolff, in derselben Zeitschrift, Bd. XLIV, S. 453.

2) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LI, S. 142, 143.

3) Erdmann und Marchand, Journal Bd. XLVII, S. 340.

4) Emil Wolff, in Erdmann's Journal, Bd. LII, S. 133.

phosphorſaure der Gewebebildner der jugendlichen Werkzeuge, während der Kalk in alten Pflanzentheilen vorzugsweiſe an Kohlenſäure oder an organiſche Säuren gebunden iſt.

Durch die Verwandtſchaft der Frucht zur Phosphosſäure, der Blätter zu ſchwefelſauren Salzen wird es bedingt, daß der Stamm und die Stengel um ſo weniger Phosphorſäure oder Schwefelſäure enthalten, je weiter die Fruchtbildung bereits gediehen, je üppiger die Blätterkrone entfaltet iſt. Nach Wolff iſt die Menge der Phosphorſäure im Stroh dann beſonders verringert, wenn ein bedeutendes Gewicht an Körnern erzeugt iſt. Und derſelbe Forſcher fand in dem Holz und der Rinde des Roßkaſtanienbaums zur Zeit der Blüthe auch nicht eine Spur von Schwefelſäure [1]).

Phosphorſaures Kali tritt in der Roßkaſtanie nicht eher auf als in den Blüthenſtengeln. Wolff ſchließt mit Recht, daß dieſes Salz, das in den Früchten ſo bedeutend vorherrſcht, nicht als ſolches in die Wurzel überging, ſondern durch doppelte Wahlverwandtſchaft aus dem phosphorſauren Kalk und dem kohlenſauren Kali des Holzes und der Blattſtengel gebildet wurde [2]).

Auf die Menge der anorganiſchen Beſtandtheile hat die Entwicklungsſtufe der Pflanzen gleichfalls einen weſentlichen Einfluß. Stroh von reifem Weizen giebt nach Johnſton mehr Aſche als das Stroh von unreifen Pflanzen, altes Holz mehr als junges [3]).

§. 8.

Da die Verwandtſchaft der organiſchen Grundlagen der Pflanzen zu beſtimmten Baſen, Säuren und Zündern nicht in allen Fällen ſo ausſchließlich iſt, daß nicht eine gegenſeitige Vertretung nahe verwandter Stoffe innerhalb engerer Grenzen möglich wäre, ſo übt auch der Boden oder das Waſſer, in welchem die Pflanzen wachſen, ſeinen Einfluß auf die Zuſammenſetzung der Pflanzenaſchen.

So vermehrt ſich in vielen Pflanzen, z. B. in Luzern und Klee, die Menge des Kalks, wenn der Acker mit Gyps beſtreut wurde (Bouſſingault), und zwar macht ſich dieſe Vermehrung nach Caillat's

1) Wolff, a. a. O. Bd. XLIV, S. 459, und LII, S. 100, 108, 109, 117.
2) Wolff, a. a. O. Bd. XLIV, S. 470, 481, 482.
3) Johnſton, a. a. O. p. 45.

Beobachtungen vorzugsweise in den ersten Monaten geltend[1]). Nach Beobachtungen von Boubée übt auch der härteste Marmormörtel einen günstigen Einfluß auf den Boden, auf welchem man Getreide erzielt. Mehre Labiaten, Teucrium- und Thymus-Arten wucherten besonders üppig an den Stellen, an welchen der Marmorstaub aufgetragen ward[2]).

Manche Küstenpflanzen, z. B. Armeria maritima, enthalten an ihrem natürlichen Standort eine reichliche Menge Natron, während sie im Binnenlande vorherrschend Kali führen. (Dickie, Völcker).

Der chinesische Thee wird in eisenreichem Boden auf Java so viel eisenhaltiger, daß man chinesischen und Javathee durch die röthere Farbe der Asche des letzteren von einander unterscheiden kann. (Mulder).

Auf gegypstem Boden vermehrt sich nach Caillat in Luzern und Klee nicht bloß die Menge des Kalks, sondern auch die der Schwefelsäure. Der Gyps wird demnach als solcher aufgenommen, und erweist sich in diesen Fällen unmittelbar nützlich, nicht bloß dadurch, daß er kohlensaures Ammoniumoxyd zerlegt und vor der Verflüchtigung schützt.

Runkelrüben enthalten auf Aeckern, die reichlich mit thierischem Dünger versehen wurden, wenig Zucker, aber viel salpetersaure Salze[3]).

Daß die Meerespflanzen sich durch ihren Brom- und Jodgehalt auszeichnen, mag wenigstens zum Theil daher rühren, daß sie diese Zünder so leicht aus dem Meerwasser aufnehmen können. Ich habe oben bereits nach Dickie und Völcker mitgetheilt, daß in manchen Pflanzen die Jodalkalimetalle durch Chloralkalimetalle vertreten werden können.

Chatin fand in einigen Pflanzen, die, wenn sie im Wasser wachsen, Jod enthalten, kein Jod, wenn sie in der Erde wurzelten. Häufiger noch wird das Jod in fließendem Wasser vermehrt, weil in diesem die Zufuhr des Jods beständig erneuert wird. Ohne zu wissen weshalb, hat man die heilkräftigen Pflanzen, in denen Jod vor-

1) Comptes rendus, T. XXIX, p. 448.

2) Ebendaselbst S. 401—403.

3) Schloßberger, organische Chemie, S. 86.

handen ist, — **Nasturtium officinale** z. B. — aus fließendem Wasser denen, die in stehenden Gewässern gesammelt waren, vorgezogen.

Wenn sich die Wirkung des Bodens so bedeutend zeigt für Bestandtheile, die auch durch andere vertreten werden könnten, so muß natürlich dieser Einfluß noch mächtiger werden für alle diejenigen Stoffe, deren Aufnahme unerläßliche Bedingung des Lebens und Wachsthums der einen oder der anderen Pflanzenart ist. Heide wird fruchtbar, wenn man das Heidekraut verbrennt und dadurch dessen anorganische Stoffe in den höheren Schichten ansammelt. Holzasche macht erschöpfte Aecker von Neuem ergiebig. Havannah-Taback entartet auf Java, weil er die nöthigen anorganischen Stoffe nicht vorfindet. Weizen wächst nicht, wo eine hinlängliche Menge von Kali und Phosphorsäure fehlt. Und weil Flachs dem Boden ebenfalls viel Kali und Phosphorsäure entzieht, so ist es unvortheilhaft, Flachs nach Weizen zu bauen.

Die Pflanze schafft keine anorganische Stoffe. Und deshalb sind Analysen des Bodens behufs der Vergleichung mit der Zusammensetzung der Erndten, die man erzielen will, die allerunentbehrlichsten Hülfsmittel des Landwirths. Was dem Acker fehlt, das muß man ihm ersetzen. Die Zeiten blind umhertappender Erfahrung sind zu Grabe geläutet, und Liebig und Johnston haben allein schon durch ihre Anregung zu solchen Ackeranalysen ihre Namen verewigt.

Magnus[1]) hat zwar neulich darauf aufmerksam gemacht, daß verschiedene Proben derselben Ackererde, von gleich tüchtigen und gleich bereitwilligen Chemikern auf Veranlassung des Preußischen Landes-Oekonomie-Collegiums untersucht, zu sehr verschiedenen Zahlen geführt haben. Allein die Abweichungen halten sich oft innerhalb der Bruchtheile eines Procentes — und die Chemiker, die selbst Aschenanalysen gemacht haben und die Unvollkommenheiten der Untersuchungsmethoden kennen, werden gewiß nicht mit Magnus übereinstimmen, wenn er daraus folgert, „daß von Ackererde-Analysen für die Landwirthschaft nichts zu halten sei." Möge dies Wort allen Chemikern ein Stachel sein, um Rose's analytischen Bestrebungen nachzueifern und die Wissenschaft vor einem Bannfluch zu sichern, der dem Leben so schwere Nachtheile bringen würde. Die edle Absicht des Preußischen

1) Erdmann und Marchand, Journal für praktische Chemie, Bd. XLVIII.

Landes-Oekonomie-Collegiums würde ſich in eine traurige That verwandeln, wenn jenes Magnus'ſche Wort bei Landwirthen Anklang finden ſollte.

Der von Magnus gemachte Einwurf, daß die Ackererde keine chemiſche Verbindung, ſondern ein ſehr ungleichartiges Gemenge iſt der Stoffe, die ſie enthält, hat ſeine Richtigkeit und fällt ſchwer ins Gewicht. Es kann aber nur daraus hervorgehen, daß man ſehr viele Analyſen derſelben Ackererde machen muß, um in dem Mittel aus mehren Zahlen für jeden Stoff den möglichſt richtigen Werth zu finden. Die Schwierigkeit der Mittel darf nicht abſchrecken, wo es ſich darum handelt, eine hohe Aufgabe zu löſen.

Magnus hat ferner bemerkt, daß die Ackererde oft verhältnißmäßig wenig von den Stoffen enthalte, die in der Frucht reichlich vertreten ſind. Allein Magnus hat ſelbſt aus den ihm vorliegenden Verſuchen den ſehr richtigen Schluß gezogen, daß die Pflanzen keine ſehr viel größere Menge eines Körpers im Boden vorzufinden brauchen, als ſie zu ihrer Entwicklung erfordern. So viel wie ſie bedürfen, wird alſo doch da ſein müſſen, und man findet einen Mangel, dem ſich abhelfen läßt, wenn weniger da iſt.

Darum ſei es noch einmal mit Nachdruck wiederholt, daß die Pflanzen keine ſchöpferiſche Thätigkeit beſitzen, daß ſie nur verbinden und zerſetzen können, was ſie von außen aufnehmen. Die Pflanze kann kein Eiſen machen — das iſt eine unumſtößliche Wahrheit. Wenn ſie alſo Eiſen braucht, dann muß es ihr von außen dargeboten werden. Enthält der Acker keins, dann werde er gedüngt. Und wenn wir noch nicht ganz am Ziel ſind in dem Verfahren, die Ackererde auf ihre anorganiſchen Stoffe zu prüfen, ſo wollen wir deshalb das Ziel nicht aufgeben, ſondern immer eifriger bemüht ſein es zu erringen.

§. 9.

Die Menge der Aſche, welche 100 Theile friſcher Pflanzenſtoffe enthalten, und die Menge der einzelnen allgemein verbreiteten anorganiſchen Beſtandtheile in 100 Theilen Aſche ſind in folgender Tabelle an einigen charakteriſtiſchen Beiſpielen zuſammengeſtellt.

Aſche in 100 Theilen.

Aepfel	0,27	Richardſon.
Stachelbeeren	0,34	"

Aſche in 100 Theilen.

Erdbeeren	0,41	Richardſon.
Olivenholz	0,58	Alexander Müller.
Blumenkohl	0,75	Mittel aus 2 Analyſen, Richardſon, Herapath.
Fruchtboden von Cynara Scolymus	1,17	Richardſon.
Kern von Orleanspflaumen	1,64	„
Weizenkörner	1,68	Mittel aus 7 Analyſen, Péligot.
Isländiſches Moos	1,90	Knop und Schneder mann.
Olivenfrüchte	2,61	Alexander Müller.
Bohnen	2,69	Mittel aus 2 Analyſen, Braconnot, Horsford und Krocker.
Erbſen	2,78	Mittel aus 4 Analyſen, Einhof, Braconnot, Rammelsberg, Erdmann.
Weizenklee	5,70	Millon.
Erbſenſtroh	6,22	Mittel aus 2 Analyſen, Erdmann, Rammelsberg.
Olivenblätter	6,45	Alexander Müller.

In 100 Theilen Aſche.

Kali in Ackerbohnen	20,82	Levi.
„ „ Erbſen	31,19	Bichon.
„ „ Bohnen	38,89	Levi.
„ „ Weißkraut	48,32	Stammer.
„ „ Kirſchen	51,85	Richardſon.
„ „ Eicheln	64,64	Kleinſchmidt.
„ „ Kartoffeln	65,60	Mittel aus 6 Analyſen, Griepenkerl, Herapath.
Natron in Kartoffeln	Spuren	nach 5 Analyſen, Herapath.
„ „ Samen von Apfelſinen	0,92	Mittel aus 2 Analyſen, How und Rowney.
„ „ Nüſſen	2,25	Richardſon.
„ „ Wicken	10,91	Levi.

	In 100 Theilen Aſche.	
Natron in der Apfelſine ohne Samen	11,42	Mittel aus 2 Analyſen, How und Rowney.
„ in Aepfeln	26,09	Richardſon.
Bittererde in Linſen	1,98	Levi.
„ in Kirſchen	5,46	Richardſon.
„ in Isländiſchem Moos	8,30	Knop und Schneder-mann.
„ in Erbſen	8,60	Bichon.
„ in Gerſte	9,32	Mittel aus 2 Analyſen, Bichon, Köchlin.
„ in Weizen	12,98	Bichon.
„ in ſchwarzem Senf .	14,38	James.
Kalk in Erbſen	2,46	Bichon.
„ in Weizen	3,91	Bichon.
„ in Wicken	4,79	Levi.
„ in Linſen	5,07	Levi.
„ in Roggen	7,05	Bichon.
„ in Nüſſen	14,28	Mittel aus 2 Analyſen, Glaſſon, Richardſon.
„ in Feigen	18,91	Richardſon.
„ in der Wurzel von Allium sativum	23,76	Herapath.
„ in Olivenholz	63,02	Alexander Müller.
Thonerde in Kartoffeln . . .	Spuren	Herapath.
„ in der Wurzel von Brassica oleracea napobrassica . . .	Spuren	Herapath.
„ in Equisetum limosum	0,99	H. Roſe.
„ in Equisetum hiemale	1,70	„
„ in Spongia lacustris	1,77	„
„ in Equisetum arvense	2,56	„
Eiſenoxyd in Bohnen	0,11	Levi.
„ in Weizen	0,50	Bichon.
„ in Nüſſen	0,73	Glaſſon.
„ in Roggen	1,90	Bichon.

In 100 Theilen Aſche.

Eiſenoxyd in Spargeln . . .	3,73	Mittel aus 3 Analyſen, Levi, Schlienkamp, Herapath.
„ in Isländiſchem Moos	6,90	Knop u. Schnedermann.
und phosphorſaures Eiſenoxyd in Isländiſchem Moos	6,50	
Manganoxyd in Kartoffeln . .	Spuren	Griepenkerl, Herapath.
„ in der Wurzel von Brassica oleracea napobr.	Spuren	Herapath.
„ in Kaſtanien . .	5,84	Richardſon.
„ in Isländiſchem Moos	7,20	Knop und Schnedermann.
Manganoxydul in der Rinde von Winterana canella	2,50	Meyer und von Reiche.
Phosphorſäure in der Ananas .	4,08	Richardſon.
„ in Kaſtanien . .	7,33	„
„ in Kirſchen . .	14,21	„
„ in Kartoffeln . .	17,40	Mittel aus 6 Analyſen, Griepenkerl, Herapath.
„ in Bohnen . .	31,34	Levi.
„ in den Fruchtboden von Cynara scolymus	36,23	Richardſon.
„ in Gerſte . . .	40,21	Mittel aus 2 Analyſen, Bichon, Köchlin.
„ in Roggen . .	51,81	Bichon.
Schwefelſäure in Weizen . .	0,27	„
„ in Roggen . .	0,51	„
„ in Ackerbohnen .	1,34	„
„ in Wicken . .	4,10	Levi.
„ in Kirſchen . .	5,09	Richardſon.
„ in Feigen . . .	6,73	„
„ in Weißkraut .	8,30	Stammer.

In 100 Theilen Aſche.

Schwefelſäure in Blumenkohl .	12,66	Mittel aus 2 Beſtimmungen, Richardſon, Herapath.
„ in Knospen des Seekohls	23,19	Herapath.
Chlor in Weizen	Spuren	Bichon.
„ in weißem Senfſamen .	0,20	James.
„ in Erbſen	0,31	Bichon.
„ in Kaffeebohnen . . .	1,22	Payen.
„ in Linſen	3,70	Levy.
„ in Spargeln	4,40	Levy.
Kieſelſäure in Weizen	0,42	Bichon.
„ in Wicken	2,01	Levi.
„ in Aepfeln	4,32	Richardſon.
„ in Kirſchen . . .	9,04	„
„ in Gerſte	24,82	Mittel aus 2 Analyſen, Bichon, Köchlin.
„ in Isländiſchem Moos	41,67	Mittel aus 3 Analyſen, Knop und Schneder-mann.
„ in Spongia lacustris	94,66	H. Roſe.
„ in Equisetum arvense	95,43	„
„ in Equisetum hiemale	97,52	„
„ in der Epidermis der Stolonen von Cala-mus Rotang . . .	99,20	„

Aus dieſen Zahlen erſieht man, daß Kali und Kieſelſäure in der Aſche am reichlichſten vertreten ſind. Unter den Säuren herrſcht die Phosphorſäure bedeutend vor, unter den Erden im Allgemeinen die Bittererde. In einzelnen Früchten jedoch, in vielen Wurzeln und namentlich in Stengeln und Holz erhält der Kalk ein anſehnliches Uebergewicht. Viel weniger beträgt die Menge des Chlors, des Eiſens und Mangans, am wenigſten die Thonerde. Hinſichtlich des Chlors iſt jedoch zu berückſichtigen, daß alle Aſchenanalyſen nach Weber zu wenig geben, was nicht davon herrührt, daß ſich die Chloralkalimetalle zum Theil verflüchtigen, ſondern von einer Austreibung des Chlors bei der Verkohlung [1]).

1) Vgl. Weber in Poggendorff's Annalen, Bd. LXXXI, S. 405—407.

Bedenkt man nun, daß die Ackererdeanalyſen in der großen Mehrzahl der Fälle mehr Natron als Kali, viel mehr Kalk als Bittererde, mehr Schwefelſäure und bisweilen auch mehr Chlor als Phosphorſäure ergeben haben, ſo ſieht man, daß die Verwandtſchaft der Wurzeln die anorganiſchen Stoffe der Ackererde in einem Verhältniß anzieht, das unabhängig iſt von der Menge, in welcher die Stoffe den Acker durchziehen. Nur die Eine Bedingung muß erfüllt ſein, daß von den nothwendigen Mineralbeſtandtheilen die nothwendige Menge im Acker vorhanden iſt. Dann bethätigt ſich das endosmotiſe Aequivalent der Stoffe des Ackers im Verhältniß zur Pflanzenwurzel unabhängig von dem Reichthum an einzelnen Beſtandtheilen, zu welchen die organiſche Grundlage der Pflanzen eine geringere Verwandtſchaft beſitzt. Und ſo wird es möglich, daß die Alpenflora, welche dem Kalk angehört, in der Polarzone wiedergefunden wird, ohne daß ſie an einen kalkreichen Boden gebunden wäre, daß auf Seeen, Flüſſen, Bächen und Teichen häufig dieſelben Waſſerpflanzen blühen, wenn auch der Grund der Gewäſſer ganz verſchiedenen Formationen angehört, daß endlich ſo viele Culturpflanzen als bodenvage bezeichnet werden können, d. h. daß ſie an keinen beſtimmten Boden gebunden ſind.

Wenn man die Aſchenanalyſen, welche die Wiſſenſchaft beſitzt, mit der Anzahl der bekannten Pflanzen vergleicht, dann kann man erſchrecken über die wenig zahlreichen Unterſuchungen, welche bisher vorliegen. Allein aus dieſen wenigen Forſchungen hat ſich bereits mit entſchiedener Deutlichkeit ergeben, daß hier ſo gut wie überall ein feſtes Geſetz der Nothwendigkeit herrſcht. Kein Mann der Wiſſenſchaft, kein einſichtsvoller Landwirth kann die Aſche mehr als ein zufälliges Anhängſel der anorganiſchen Stoffe betrachten. Und darin liegt die ſichere Bürgſchaft, daß ſich die Analyſen der anorganiſchen Beſtandtheile der Pflanzen immer raſcher mehren werden, der reinen Wiſſenſchaft und dem Landbau gleich ſehr zum Reichthum.

Drittes Buch.

Die Bildung der allgemein verbreiteten Bestandtheile der Thiere.

Drittes Buch.

Die Bildung der allgemein verbreiteten Beſtandtheile der Thiere.

Kap. I.

Die Nahrungsſtoffe der Thiere.

§. 1.

Es iſt oft wiederholt worden, daß ſeit Mulder's Arbeiten über die eiweißartigen Körper der phyſiologiſchen Chemie in ihren wichtigſten Lehren ein neues Licht vorgetragen wurde. Wenn es auch auf den erſten Blick ſcheinen könnte, als wäre dieſes Licht weſentlich verdunkelt, weil die Lehre von der Conſtitution der eiweißartigen Körper auch in ihrer zweimaligen Bearbeitung unter Mulder's bauluſtiger Hand keine haltbare Ergebniſſe geliefert hat, ſo muß es doch gerade hier betont werden, daß dieſer Verluſt auf Seiten des Chemikers größer iſt, als auf Seiten des Phyſiologen. Nicht als wenn ſich der Phyſiologe nicht zu kümmern hätte um die Conſtitution der organiſchen Stoffe, welche die Grundlage des Organismus darſtellen. Allein ſo viel iſt für ewig von Mulder's erſter bahnbrechender Unterſuchung über die eiweißartigen Verbindungen ſtehen geblieben, daß die Eiweißkörper des pflanzlichen und des thieriſchen Leibes die allergrößte Aehnlichkeit mit einander haben, eine Aehnlichkeit die nicht ſteht und fällt mit dem Protein.

Sie verdienen immer wiederholt zu werden, die Worte, mit denen Mulder bereits im Jahre 1838 die großartigste Folgerung seiner Untersuchungen erfaßte: „Die Pflanzenfresser genießen ähnliche „Nahrung wie die Fleischfresser: sie genießen beide Eiweißstoff, jene „von Pflanzen, diese von Thieren; der Eiweißstoff ist aber für beide „gleich" [1]). So einfach und anspruchslos der Satz auch hier verkündigt worden, er hat Anklang gefunden bei den Chorführern der Wissenschaft, und Liebig's begeisterte Darstellung hat diesem Gedanken in Deutschland das ganze Verständniß eröffnet.

Mulder's Worte bezeichnen den großartigsten Wendepunkt in der Lehre der Ernährung. Daß die Pflanzen, indem sie durch ihre Wurzeln unmittelbar zusammenhängen mit der Muttererde, die anorganischen Bestandtheile der Erdrinde, Kalk und Kali, Kochsalz und Bittererde, Phosphorsäure und Eisen den Thieren zuführen, das konnte man schon früher hervorheben. Daß ebenso Stärkmehl und Fett, Zucker und Gummi von den Pflanzen gebildet werden, war schon länger bekannt. Daß aber die Pflanzen überhaupt die Nahrung der Thiere bereiten, das konnte in dieser Allgemeinheit und zugleich mit wissenschaftlicher Schärfe erst von dem Augenblick verkündigt werden, als Mulder die große Aehnlichkeit zwischen den Eiweißkörpern der Thiere und denen der Pflanzen kennen lehrte. So lange man die Pflanzenfresser von Gras und Hafer leben sah, ohne die Eiweißkörper dieser Futterstoffe genau zu kennen, wußte Niemand, wie bedeutend möglicher Weise die Umbildung sein könnte, welche die Thiere mit ihrer Nahrung vornehmen. Seit dem Jahre 1838 weiß man, daß auch der Pflanzenfresser seine Nahrung fertiggebildet aufnimmt. Denn, mit Ausnahme der stärkmehlartigen Körper, ist die Umsetzung sehr gering, welche die Nahrungsstoffe im Verdauungskanal der Pflanzenfresser erleiden.

§. 2.

Das Thier verwandelt die Nahrung in Blut. Dies ist der einzige Gesichtspunkt, von welchem sich die Bedeutung der Nahrung richtig beurtheilen läßt.

---

1) G. J. Mulder en W. Wenckebach, Natuur- en Scheikundig Archief 1838, p. 128.

Alle wesentliche Bestandtheile des Bluts, d. h. alle diejenigen, welche nicht aus der Rückbildung der Stoffe des Thierleibes hervorgegangen sind, lassen sich als die Mutterkörper aller übriger Stoffe des Organismus betrachten. Die Bestandtheile der Gewebe, der Absonderungen und Ausscheidungen werden sämmtlich aus dem Blut gebildet. Es sind selbst Blutbestandtheile gewesen, bald in derselben Zusammensetzung und mit denselben Eigenschaften begabt, bald in veränderter Form.

Darum hat das Blut eine viel mächtigere physiologische Geltung als der Saft der Pflanzen. Indem das Blut in der sehr großen Mehrzahl der Thiere durch verschiedene Vorrichtungen sich durch den Körper bewegt, wird den verschiedensten Werkzeugen eine ziemlich gleichartige Flüssigkeit zugeführt. Und wenn die Zusammensetzung des Bluts auch in verschiedenen Abschnitten der Blutbahn Unterschiede in der Zusammensetzung zeigt, so sind diese doch nicht der Art, daß nicht in allen Gefäßen eine Flüssigkeit vorhanden wäre, aus welcher die Hauptstoffe der Gewebe gebildet werden können. Aus diesem Grunde läßt sich das Blut als die Summe der allgemein verbreiteten Bestandtheile der Thiere betrachten. Und deshalb umfaßt dieses Buch nur die wesentlichen Bestandtheile des Bluts und deren Entwicklungsgeschichte.

Außer der Grenze, die uns für die Aufsuchung der allgemein verbreiteten Thierstoffe in den Blutgefäßwandungen gegeben ist, bietet der Bau der Thiere noch einen anderen Vortheil vor den Pflanzen, wenn man sich die Lehre von dem Werden der allgemeinen Bestandtheile zur Aufgabe stellt.

Wir kennen nämlich den Ort, an welchem das Blut aus der Nahrung des Thiers gebildet wird. In den Verdauungsorganen lassen sich die verschiedenen Umsetzungen und Entwicklungen verfolgen, aus welchen das Blut als letztes Ergebniß hervorgeht.

§. 3.

Aus dem so eben angedeuteten Verhältniß des Bluts zu den Geweben ergiebt sich, daß man ganz im mathematischen Sinne den Gehalt und die materielle Grundlage des Körpers auf das Blut reduciren darf. Daraus ergiebt sich aber auch von selbst der wissenschaftliche Begriff des Nahrungsstoffs, von dem in neuester Zeit so

häufig mit Unrecht ausgesagt wurde, daß er sich nicht bestimmen lasse, vielleicht nur deshalb, weil man willkürliche und falsche Definitionen vor Augen hatte.

Nahrungsstoff ist jede anorganische oder organische Verbindung, welche den wesentlichen Blutbestandtheilen entweder gleich, oder ähnlich genug ist, um sich durch die Verdauung in dieselben umzuwandeln [1]).

Kennt man die Zusammensetzung des Bluts, so läßt sich daraus von vorne herein bestimmen, welche von den allgemein verbreiteten Bestandtheilen der Pflanzen, die im vorigen Buch geschildert wurden, als die Nahrungsstoffe der Thiere zu betrachten sind.

Das Blut enthält anorganische Bestandtheile, stickstofffreie organische und stickstoffhaltige organische Stoffe. Die stickstofffreien organischen Stoffe sind Fette, die stickstoffhaltigen Eiweißkörper.

Durch diese drei Rubriken ist ohne Weiteres die einzig logische Eintheilung der Nahrungsstoffe gegeben. Auch die Nahrungsstoffe sind anorganisch oder organisch, die organischen stickstofffrei oder stickstoffhaltig.

§. 4.

Zu den anorganischen Nahrungsstoffen gehören vor allen Dingen das Wasser und die phosphorsauren Salze der Alkalien und der Erden. Darum ist es auch für das thierische Leben auf der Erde so wichtig, daß die endosmotischen Aequivalente der anorganischen Stoffe des Ackers im Verhältniß zur Pflanzenwurzel der Art sind, daß die Pflanzen die Phosphorsäure, die Alkalien und die Erden aus dem Boden sammeln. Im Blut herrscht die Phosphorsäure vor über die Schwefelsäure. Ganz so in den Pflanzen. Aber das Blut besitzt mehr Natron als Kali, mehr Kalk als Bittererde und einen sehr großen Reichthum an Chlor, Verhältnisse, von denen die als Nahrungsmittel vorzugsweise gebräuchlichen Pflanzentheile gerade das Umgekehrte zu zeigen pflegen. Dies beweist, daß die Blutgefäße und Chylusgefäße ebenso durch Endosmose die anorganischen Stoffe der

1) Vgl. meine Physiologie der Nahrungsmittel, Darmstadt 1850, S. 108, oder meine Lehre der Nahrungsmittel für das Volk, Erlangen 1850, S. 76.

pflanzlichen Nahrungsmittel in anderen Verhältnissen aufnehmen, als in der Nahrung gegeben sind, wie die Pflanzenwurzel ihre Nahrungsstoffe aus dem Acker.

Den bereits genannten anorganischen Nahrungsstoffen reihen sich noch Eisenoxyd, Thonerde, Kieselerde und Fluorcalcium an, die aber sämmtlich in verhältnißmäßig geringerer Menge in die Gewebe der meisten Thiere eingehen. In einzelnen Klassen kann jedoch dieser oder jener Bestandtheil reichlicher auftreten, wie zum Beispiel die Kieselsäure in den Federn der Vögel (von Gorup-Besanez).

§. 5.

Die stickstofffreien organischen Nahrungsstoffe zerfallen in Fettbildner und Fette.

Eine Reihe von stärkmehlartigen Stoffen kann nämlich, wie wir in dem nächsten Kapitel sehen werden, in Fett verwandelt werden. Es gehören dahin das Stärkmehl selbst, Dextrin, Gummi, Zucker, in geringerem Maaße auch der Zellstoff. Ich vereinige diese Körper unter dem Namen der Fettbildner.

Zu den Fetten, die wir als Nahrungsstoffe betrachten müssen, gehören vor allen Dingen Elain, Margarin und Stearin und die diesen neutralen Fetten entsprechenden Fettsäuren und Seifen; sodann die Buttersäure.

Daß auch Palmfett, Muskatfett, Lorbeerfett, Kokosnußfett, Behensäure und die flüchtigen Fettsäuren als Nahrungsstoffe verwandt werden können, läßt sich nicht bezweifeln. Es mag aber in Wirklichkeit ziemlich selten geschehen, weil sie seltner vorkommen.

§. 6.

Als eiweißartige Nahrungsstoffe liefert das Pflanzenreich das Eiweiß und den Erbsenstoff, den Kleber im engeren Sinne und den Pflanzenleim.

Es sind die eiweißartigen Nahrungsstoffe häufig als Blutbildner bezeichnet worden. Jedoch mit Unrecht. Denn das ganze Blut können sie nicht bilden. Wir werden unten zur Genüge sehen, daß die anorganischen Bestandtheile und die Fette ebenso wesentlich in die Zusammensetzung des Blutes eingehen wie die eiweißartigen Verbin-

dungen. Es ſollte denn auch mit jenem Namen bloß bezeichnet werden, daß die Eiweißkörper an der Bildung des Bluts einen vorherrſchenden Antheil nehmen. Auf die Einſeitigkeit des Namens wird hier nur deshalb aufmerkſam gemacht, weil wiederholt der irrige Gedanke auftauchte, daß man den Werth der Nahrungsmittel nach dem bloßen Stickſtoffgehalt beſtimmen könne.

Allein lange vor dieſer einſeitigen Auffaſſung wußte man durch Verſuche von Tiedemann und Gmelin und von Magendie, daß die Thiere ſterben, wenn man ſie nur mit eiweißartigen Stoffen füttert.

Ebenſo wie die Pflanze nicht zur Entwicklung kommt, wenn ihr im Boden die nothwendigen anorganiſchen Beſtandtheile fehlen, oder wenn ſie nicht Kohlenſäure, Waſſer und Ammoniak in den gehörigen Verhältniſſen aufnehmen kann, ſo erfordert auch ein Nahrungsmittel, das den thieriſchen Bedürfniſſen genügen ſoll, durchaus eine richtige Vertheilung von anorganiſchen Nahrungsſtoffen, Fetten oder Fettbildnern und eiweißartigen Verbindungen [1]).

---

1) Das Genauere über die Nothwendigkeit der richtigen Verbindung der Nahrungsſtoffe zu Nahrungsmitteln findet ſich in meiner Phyſiologie der Nahrungsmittel, dem völlig umgearbeiteten dritten Bande von Friedrich Tiedemann's Phyſiologie des Menſchen, S. 144 — 165.

Kap. II.

Die Verdauung.

§. 1.

Mit dem Namen Verdauung wird diejenige Verrichtung des thieriſchen Körpers belegt, durch welche die Nahrungsſtoffe in Blutbeſtandtheile verwandelt werden. Dieſe Umwandlung aber beſteht entweder in einer bloßen Auflöſung, oder zugleich in einer Auflöſung und einer Umſetzung, ſofern die Nahrungsſtoffe den Blutbeſtandtheilen nicht gleich zuſammengeſetzt ſind. So braucht z. B. das Kochſalz nur gelöſt zu werden, um als weſentlicher Blutſtoff in die Gefäße einzugehen. Das Stärkmehl muß aber nicht nur gelöſt, ſondern auch in ſeinen Eigenſchaften und in ſeiner Zuſammenſetzung verändert werden.

Alle Verwandlungen, welche die verſchiedenen Nahrungsſtoffe vor der Blutbildung erleiden, werden bewirkt durch die Verdauungsflüſſigkeiten, Speichel, Magenſaft, Galle, Bauchſpeichel und Darmſaft. Mit dieſen Säften werden ſie im Verdauungskanal um ſo vollſtändiger vermiſcht, da die wurmförmigen Bewegungen der Magen- und Darmwände eine beſtändige Ortsveränderung des Inhalts herbeiführen. Und wie die Vertheilung der Körper dieſelben überhaupt chemiſchen Einwirkungen zugänglicher macht, ſo werden auch bei allen Thieren, die mit Kauwerkzeugen verſehen ſind, die Nahrungsmittel in der Mundhöhle für die Einwirkung der Verdauungsſäfte vorbereitet.

Die Verdauungsſäfte ſind ſämmtlich durch organiſche Stoffe ausgezeichnet, die im Speichel, Magenſaft, Bauchſpeichel und Darmſaft indifferenter Natur zu ſein ſcheinen, während ſie in der Galle durch zwei an Natron gebundene Säuren dargeſtellt werden. Im Speichel des Mundes, wie des Pankreas, und im Darmſaft ſind jene organiſchen Stoffe, die man als Gährungserreger betrachten darf, in einer

alkaliſchen Flüſſigkeit gelöſt. Die Galle iſt meiſt alkaliſch, obwohl ſie von manchen neueren Forſchern auch häufig neutral befunden wurde. Durch freie Milchſäure iſt der Magenſaft ausgezeichnet.

Weil alle Verdauungsſäfte aus dem Blut gebildet werden, ſo kann ich, dem Plane dieſes Werkes gemäß, auf eine genaue Beſchreibung derſelben erſt im fünften Buche eingehen. Die wenigen hier gegebenen Andeutungen genügen, um die Einwirkung jener Flüſſigkeiten auf die Nahrungsſtoffe zu ſchildern. Und da es mir vor allen Dingen darauf ankommt, den Nahrungsſtoffen ſelbſt in ihrer Entwicklungsgeſchichte bis zum Uebergang in die Blutbahn zu folgen, ſo erhebe ich in der Lehre der Verdauung die Nahrungsſtoffe zum Eintheilungsgrund. In dieſem Kapitel will ich alſo zeigen, wie die anorganiſchen Nahrungsſtoffe, die Fettbildner, die Fette und die Eiweißkörper unter dem Einfluß der Verdauungsſäfte in die Beſtandtheile des Bluts übergeführt werden.

§. 2.

Von den anorganiſchen Nahrungsſtoffen ſind die Chloralkalimetalle und die phosphorſauren und ſchwefelſauren Salze der Alkalien ſchon in dem Waſſer der Verdauungsflüſſigkeiten löslich. Auch Chlorcalcium und Chlormagneſium, die indeß ſeltner in den pflanzlichen Nahrungsmitteln vorkommen, und ſchwefelſaure Magneſia löſen ſich leicht in Waſſer.

Weniger leicht wird bereits die phosphorſaure Magneſia vom Waſſer aufgenommen; ſchwer löslich ſind die Salze des Kalks und das phosphorſaure Eiſenoxyd.

Schon Tiedemann und Gmelin haben gezeigt, daß die Erdſalze der Nahrungsmittel durch die freie Säure des Magenſafts gelöſt werden. Sie fanden in Alkohol lösliche Salze der Erden in der vom Mageninhalt durchs Filter gehenden Flüſſigkeit, und wir wiſſen jetzt, daß die Säure dieſer Salze, welche jene Forſcher noch für Eſſigſäure hielten, Milchſäure war. Frerichs hat neuerdings die Angaben von Tiedemann und Gmelin beſtätigt[1]). Wenn man den Rückſtand

1) Frerichs, Artikel Verdauung in Rud. Wagner's Handwörterbuch der Phyſiologie, Bd. III, S 799. 800.

des Filtrates verbrennt, dann findet man kohlensauren Kalk und kohlensaure Bittererde in der Asche.

Eisen wird von der Milchsäure des Magensafts gleichfalls gelöst und zwar nach Frerichs im metallischen sowohl wie im oxydirten Zustande, in letzterer Form jedoch in größerer Menge.

Lösung der Erdsalze und des Eisenoxyds bewirken auch die Flüssigkeiten des Darms so lange diese noch sauer reagiren. Da aber der Darmsaft, als eigenthümliche Absonderung der Darmdrüsen gefaßt, nach den neuesten Forschungen von Frerichs niemals eine ihm eigenthümlich angehörende freie Säure enthält, so kann die saure Beschaffenheit der Mischung im Darm nur von der freien Säure des Magens oder einer aus den Nahrungsstoffen gebildeten Säure herrühren. Die saure Reaction geht durch die bloße Beimischung der Galle und des Bauchspeichels nicht immer verloren; sie pflegt erst weiter unten im Dünndarm durch das Alkali des Darmsafts vollständig gesättigt zu werden.

In dem Verdauungskanal wird nämlich außer der mit dem Magensaft abgesonderten Milchsäure auch aus Zucker Milchsäure gebildet. Wenn in Folge einer reichlichen Zufuhr der Fettbildner die Bildung der Milchsäure sich vermehrt, dann kann auch eine reichlichere Menge des Kalks und des Talks gelöst werden. Dies ist bei Pflanzenfressern häufig der Fall.

Man würde indeß irren, wenn man alle Lösung der Erdsalze und des Eisenoxyds nur auf Rechnung der freien Magensäure schreiben wollte. Chlorkalium ertheilt dem Wasser die Eigenschaft kohlensauren Kalk zu lösen. Kochsalz und die gewöhnlichen phosphorsauren Alkalien nehmen in ihren Lösungen erhebliche Mengen der phosphorsauren Erden und des phosphorsauren Eisenoxyds auf. Lassaigne hat gelehrt, daß Ein Litre einer Lösung, die $^1/_{12}$ Chlornatrium enthält, $6^3/_5$ Gramm phosphorsaure Erden aufnimmt. Endlich trägt auch das in dem Darminhalt verflüssigte Eiweiß dazu bei phosphorsauren Kalk in gelöster Form zu erhalten [1]).

1) Vgl. C. Schmidt's vortrefflichen Aufsatz in Liebig und Wöhler, Annalen Bd. LXI, S. 297, und Gobley (Journ. de pharm. et de chim. 3e sér. T. XVII, p. 406), der jedoch mit Unrecht mehr an ein emulsionsartiges Verhältniß, als an eigentliche Lösung denkt.

Fluorcalcium geht in ſo geringer Menge aus den Nahrungsmitteln in den Thierleib über, daß zur Erklärung dieſes Uebergangs der von Wilſon gelieferte Nachweis genügt, wie ſchon bei einer Wärme von + 15° wägbare Spuren des Fluorcalciums in Waſſer gelöſt bleiben[1]). Bei der Wärme des Magens, die bei Vögeln und Säugethieren zwiſchen 38 und 40° ſchwankt, kann alſo dieſe Auflöſung um ſo leichter erfolgen.

Kieſelſäure und Thonerde ſind ebenfalls nur in ſehr geringer Menge oder doch in wenig zahlreichen Fällen weſentliche Beſtandtheile des thieriſchen Organismus. Die Thonerde wird von Säuren gelöſt; Kieſelerde als ſolche nur in Fluorwaſſerſtoff. Sofern nun gerade im Körper der Vögel Kieſelſäure reichlicher gefunden wurde, wäre es von Bedeutung, wenn ſich eine ältere Angabe über das Vorkommen von Fluorwaſſerſtoff im Magenſaft der Vögel beſtätigen ſollte, was indeß nicht zu gelingen ſcheint. Deshalb iſt es wichtig, daß man eine lösliche Verbindung der Kieſelſäure mit Kali kennt, welche die Kieſelerde ins Blut und von hier in die Knochen und Federn bringen kann.

Bei allen anorganiſchen Stoffen handelt es ſich alſo nur um die Auflöſung, indem ſich die Umſetzung auf die Zerlegung einiger Salze beſchränkt. Mulder hat indeß darauf aufmerkſam gemacht, wie das Chlormagneſium verſchiedener Gewäſſer ſchon bei gewöhnlicher Temperatur in Bittererde und Chlorwaſſerſtoff zerſetzt wird. Die höhere Wärme und die freie Säure des Magenſafts können natürlich eine ſolche Zerſetzung nur befördern. Auf ſolche Weiſe gebildete Salzſäure muß Kalk und Thonerde im Magen löſen.

§. 3.

Stärkmehlkörnchen, die durch Kochen ihre äußerſte feſte Hülle verloren haben, und Stärkekleiſter werden nach der Entdeckung von Leuchs durch die Flüſſigkeiten des Mundes ebenſo wie durch Gerſtenhefe in ausgezeichneter Weiſe erſt in Dextrin und dann in Zucker umgeſetzt. Daß dieſe kräftige Einwirkung nicht durch den Speichel allein, ſondern durch die Miſchung von Speichel und Schleim, die in der Mundflüſſigkeit

1) Vergl. oben S. 50.

gegeben iſt, herbeigeführt wird, wurde zuerſt von Laſſaigne bemerkt, ſpäter von Magendie, Rayer und Payen, Bernard, Jacubowitſch und Anderen beſtätigt.

Andererſeits weiß man durch Magendie, daß Blut, Fleiſchflüſſigkeit, ein wäſſeriger Auszug des Hirns, der Nieren, der Leber, kurz alle Säfte, welche thieriſche Eiweißſtoffe enthalten, das Vermögen beſitzen, Stärkmehl in Dextrin und Zucker zu verwandeln. Schon daraus ergiebt ſich, daß mehre Schriftſteller, Bernard und Barreswil z. B., dem reinen Speichel, andere dem reinen Schleim mit Unrecht alle umſetzende Wirkung abſprechen. Frerichs ſchreibt ganz richtig die Fähigkeit, Stärkmehl in Zucker überzuführen, in geringem Grade allen Mundflüſſigkeiten einzeln zu, welche ſie mit einander vermiſcht ſo kräftig bethätigen. Es gelingt mir manchmal, wenn ich die Zunge möglichſt ſtark auf die eine Seite lege, durch plötzliches Umwenden auf die andere einige Tropfen Speichel aus dem ductus Whartonianus auszuſpritzen. Durch dieſen ganz reinen Speichel läßt ſich Stärkmehl in Zucker umſetzen, wenn auch erſt in viel längerer Zeit als durch die gemiſchte Flüſſigkeit des Mundes.

Hinzugefügte Säuren heben die Wirkung des Speichels auf Stärkmehl nicht auf. Das hatte vor mehren Jahren Schwann's Beobachtung bereits ermittelt. Nur weil in neuerer Zeit Bernard und Barreswil behauptet haben, daß der Einfluß der Mundflüſſigkeit an die alkaliſche Reaktion derſelben gebunden iſt, hebe ich es hervor, daß Jacubowitſch, Frerichs[1]) und ich ſelbſt die Angabe Schwann's beſtätigt haben. Nach Frerichs iſt indeß die Zuckerbildung, wenn der Speichel angeſäuert war, etwas geringer.

Daraus geht alſo unmittelbar hervor, — was auch Verſuche von Jacubowitſch und Frerichs gezeigt haben — daß der ſaure Magenſaft die umſetzende Kraft des Speichels nicht vernichtet.

Der Magenſaft an und für ſich beſitzt indeß nur in ſehr geringem Grade das Vermögen aus Stärkmehl Zucker zu bilden. Lehmann konnte Stärkmehl mit dem Magenſaft kochen, ohne daß es die Eigenſchaft verlor, durch Jod gebläut zu werden[2]). Auch Jacubo-

1) A. a. O. S. 772.

2) Lehmann's Lehrbuch der phyſiologiſchen Chemie, zweite Auflage, Leipzig 1850. Bd. I. S. 98.

witsch und Schmidt und Frerichs melden in neueſter Zeit, daß der Magenſaft Stärkmehl nicht raſcher in Zucker verwandle als jeder andere in Zerſetzung begriffene Körper. Ich kann dies nach eigenen Verſuchen beſtätigen.

Einige Wirkung wird alſo wenigſtens von jenen Forſchern zugegeben, wie es von einer Flüſſigkeit, die einen ſehr wandelbaren organiſchen Stoff und eine freie Säure enthält, nicht anders zu erwarten iſt. Bernard und Barreswil heben es übrigens ausdrücklich hervor, daß die Milchſäure des Magenſafts ſich von Salzſäure und anderen Mineralſäuren dadurch unterſcheidet, daß ſie Stärkekleiſter nicht in Zucker überführt.

Uebt ſchon der Magenſaft einen geringen Einfluß auf die Zuckerbildung, der Galle fehlt in dieſer Richtung jede Wirkſamkeit.

Deſto mächtiger iſt die zuckerbildende Kraft des Bauchſpeichels. Nachdem Valentin die Fähigkeit des Bauchſpeichels Stärkmehl in Zucker umzuſetzen kennen gelehrt hatte, wurde ſeine Beobachtung von vielen Forſchern, unter Anderen von Bouchardat und Sandras, von Strahl, Frerichs und mir ſelber wiederholt. Wenn Jacubowitsch durch Unterbindung und Durchſchneidung der Stenoniſchen und Whartoniſchen Gänge den Speichel vom Verdauungsgeſchäft ausſchloß, dann fand er die Stärke im Magen nicht, im Dünndarm aber wohl in Dextrin und Zucker übergeführt[1]). Nach Lenz verwandelt der Bauchſpeichel, dem auch Frerichs eine kräftigere Wirkung zuſchreibt als der Mundflüſſigkeit, beinahe auf der Stelle Stärkmehl in Zucker[2]).

Viel ſchwächer iſt wiederum die Wirkung des Darmſafts. Wenn auch die Behauptung von Jacubowitsch zu weit geht, daß durch Darmſchleim die Zuckerbildung nicht raſcher erfolge als in einfachem Kleiſter, ſo fand doch auch Frerichs, daß die Darmſchleimhaut ſowohl wie der Darmſaft nur langſam Stärkelöſungen umſetzt.

§. 4.

Da ſich Stärkmehl erſt in Dextrin verwandeln muß, um Zucker zu bilden, ſo wird natürlich Dextrin im Verdauungskanal raſcher umgeſetzt als Stärkmehl.

---

1) Müller's Archiv 1848. S. 365.

2) Ed. Lenz, de adipis concoctione et absorptione, dissert. inaug. Dorpatensis, Mitaviae 1850. p. 57.

An das Dextrin schließt sich der Rohrzucker, von dem es bekannt ist, daß er sich durch freie Säuren in Traubenzucker verwandeln läßt. Bouchardat und Sandras haben denn auch diese Umsetzung unter dem Einfluß des Magensaftes beobachtet. Wenn Frerichs aus der Einwirkung des Magensaftes auf Rohrzucker keinen Traubenzucker, sondern Milchsäure hervorgehen sah, so ist das kein Beweis, daß die Bildung von Traubenzucker nicht statt fand, sondern daß die Umsetzung des Rohrzuckers bereits über den Traubenzucker hinaus weiter fortgeschritten war (Vergl. §. 5).

Nach den Versuchen von Frerichs wird der Zellstoff weder durch Speichel, Magensaft und Galle, noch auch durch den Bauchspeichel und den Darmsaft verändert [1]). Da aber Säuren und Alkalien auch im verdünnten Zustande allmälig kleine Mengen Zellstoff in Stärkmehl verwandeln, und da der Zellstoff in den Verdauungswerkzeugen mit verdünnter Säure und verdünntem Alkali zusammenkommt, so muß ein Theil des Zellstoffs auch durch die Verdauungssäfte angegriffen werden. Mulder hebt mit Recht hervor, daß viele Pflanzenfresser, namentlich viele Wiederkäuer, in ihrer Nahrung, dem Grase und Heu, zu wenig Stärkmehl, Dextrin oder Zucker erhalten, um nicht anzunehmen, daß sie in ihrem langen Darmkanal einen Theil des Zellstoffs umsetzen [2]). Autenrieth hat Schweine mit Sägemehl gemästet. Und wenn nur erst Stärkmehl aus dem Zellstoff gebildet ist, dann geht die Entwicklung bis zum Zucker fort. Frerichs giebt denn auch eine Auflösung der ganz jugendlichen Zellwände zu. Wenn erst der Zellstoff durch eine reichliche Menge der Holzstoffe verdickt ist, dann wird durch das feste Gefüge der Gewebe die Lösung unmöglich.

Gegen die Verdauung des Gummis sind die unmittelbaren Versuche von Tiedemann und Gmelin, Bouſſingault, Blondlot und Anderen ungünstig ausgefallen. Arabisches Gummi, mit Speichel und Magensaft vermischt, quillt nach Frerichs auf und löst sich allmälig, jedoch ohne Vermehrung des Zuckers oder der Säure.

---

1) A. a. O. S. 806, 853.

2) Mulder, proeve leener algemeene physiologische Scheikunde, Rotterdam 1847, p. 1071.

Da indeß manchen Chemikern die Möglichkeit, Gummi durch Säuren in Zucker zu verwandeln, entgangen iſt, da ferner dieſe Umſetzung nur ſehr langſam erfolgt, ſo ſcheint mir immer noch ein Zweifel erlaubt zu ſein, ob das Ergebniß jener Beobachtungen als ein allgemein gültiges zu betrachten iſt.

Pektin wird nach Blondlot und Frerichs durch die Verdauungsſäfte nicht verändert. Dies ſtimmt vollkommen zu Frémy's Angaben, daß man Pektin durch Säuren oder durch einen Ueberſchuß von Alkalien wohl in Parapektinſäure und Metapektinſäure, jedoch nicht in Zucker verwandeln könne.

Fruchtmark wird nach Frémy durch den Magenſaft nicht in Pektin übergeführt.

Daß endlich der Kork durch die Verdauungsſäfte ſich nicht angreifen läßt, alſo auch die Cuticula der Pflanzen in dem Verdauungskanal nicht gelöſt wird, das ergiebt ſich aus den im zweiten Buch (S. 110) mitgetheilten Eigenſchaften dieſes Körpers von ſelbſt. Auch die Holzſtoffe werden von den Verdauungsſäften nicht angegriffen.

§. 5.

Soweit diejenigen Stoffe, die wir im zweiten Buch unter dem Namen der ſtärkmehlartigen Körper vereinigt haben, verdaut werden, erleiden ſie nach den Mittheilungen der letzten beiden Paragraphen neben der Auflöſung allemal auch die Umſetzung in Zucker. Man kann die Zuckerbildung als einen erſten wichtigen Zeitraum in der Verdauung der Fettbildner bezeichnen. —

Wenn nun auch der Zucker, zumal bei einem reichlichen Genuß des Stärkmehls oder zunächſt verwandter Stoffe, als ſolcher in das Blut übergehen kann, ſo erfährt er doch im Darmkanal eine weitere Umſetzung, die ihn gewöhnlich nicht als Zucker in das Blut gelangen läßt.

Unter den neueren Forſchern haben namentlich Bouchardat und Sandras nach der Fütterung mit gekochtem Stärkmehl die Milchſäure im Magen niemals vermißt. Frerichs [1]) beſtreitet zwar

1) A. a. O. S. 803.

die Bildung von Milchsäure im Magen der Hunde und des Menschen bei regelmäßiger Verdauung. Wenn dieser Forscher jedoch in dem Uebergang von Traubenzucker ins Blut bei stärkmehlreicher Nahrung den sichersten Beweis gegen jene Bildung von Milchsäure im Magen sehen will, so läßt sich dagegen erinnern, daß er erstens selbst eine Bildung von Milchsäure in den unteren Theilen des Dauungskanals einräumt, die, wenn das Vorkommen des Zuckers im Blut ein Gegenbeweis wäre, auch nicht stattfinden könnte. Zweitens aber — und das ist die Hauptsache — geht bei weitem nicht aller Zucker als solcher in die Blutbahn über. Weil aber der Magensaft selbst Milchsäure enthält, so wären allerdings quantitative Nachweise einer Vermehrung der Milchsäure, die im Magen auf Kosten des Zuckers stattfindet, sehr zu wünschen.

Den Hauptort der Milchsäurebildung haben indeß van den Broek's wichtige Untersuchungen in den Zwölffingerdarm verlegt [1]). Van den Broek hat von zwei Theilen Galle den einen unvermischt, den anderen nachdem er 24 Stunden lang bei 36° auf Zucker eingewirkt hatte, getrocknet und mit absolutem Aether ausgezogen. Während die Lösung der bloßen Galle schwach sauer war und keine Milchsäure enthielt, bekam van den Broek aus dem mit Zucker versetzten Theil eine stark saure Lösung, die nach dem Eintrocknen beim Verbrennen durchaus keinen feuerfesten Rückstand hinterließ. Der trockne Rückstand der ätherischen Lösung, mit Wasser behandelt, gab eine stark saure Flüssigkeit und beim Versetzen dieser mit kohlensaurem Zinkoxyd unter Entwicklung von Kohlensäure ein Salz, das alle Eigenschaften, namentlich auch die Krystallform des milchsauren Zinkoxyds besaß. Vor dem Löthrohr verbrannt bildete das Zinksalz einen weißen Anflug, der sich mit Brausen in verdünnter Salpetersäure löste. Wenn es in einem Proberöhrchen erhitzt wurde, so erhob sich ein weißer Dampf, der in den höheren Theilen des Röhrchens als Lactid sublimirt wurde. Kurz es hatte sich der Zucker unter dem Einfluß der Galle in Milchsäure umgesetzt, ein Schluß, den van den Broek noch dadurch zu unterstützen sucht, daß die ätherische Lösung

1) Nederlandsch lancet, uitgegeven door Donders, Ellerman en Jansen, III, p. 155 en volg.

der mit Zucker vermischten Galle gar keine feuerfeste Bestandtheile übrig ließ, was der vollkommenen Unlöslichkeit des milchsauren Natrons entspreche. — Auch Frerichs konnte wenigstens kleine Mengen von Traubenzucker und von Rohrzucker durch frische Galle in Milchsäure umsetzen [1]).

Durch den alkalischen Darmsaft sah Frerichs gleichfalls Zucker in Milchsäure übergehen [2]), und Lehmann hat uns auf die sehr lehrreiche Thatsache aufmerksam gemacht, daß die Bildung der Milchsäure durch die Gegenwart von Fetten wesentlich gefördert wird [3]).

Frerichs hat die Bildung der Milchsäure ganz vorzüglich im Blinddarm beobachtet und leitet die saure Beschaffenheit des Darmsafts in diesem, welche früher so häufig der Absonderung selbst zugeschrieben wurde, von den zersetzten stärkmehlartigen Körpern ab.

§. 6.

Bildung von Milchsäure — das ist also die zweite wichtige Umwandlungsstufe, auf welcher sich die stärkmehlartigen Nahrungsstoffe begegnen.

Die Milchsäure, im wasserfreien Zustande eine farblose, geruchlose, syrupsdicke Flüssigkeit, wird ausgedrückt durch die Formel $C^6 H^5 O^5 + HO$. Ihrer kräftigen Verwandtschaft zu den Basen entspricht ihre stark saure Reaction. Sie vermag Chlorcalcium zu zerlegen. In Wasser, Alkohol und Aether ist sie leicht löslich. Ihre Salze sind gleichfalls in Wasser löslich; viele, z. B. milchsaurer Kalk und milchsaure Bittererde, auch in Alkohol. Aether löst die Salze nicht.

Wenn man die freie Milchsäure bis zu 250° erhitzt, dann entsteht neben anderen Zersetzungsprodukten ein krystallinisches Sublimat, das Lactid. Dieser Stoff krystallisirt aus Alkohol in rhombischen Tafeln. Mit Wasser vermischt geht er wieder in Milchsäure über. Da die Zusammensetzung des Lactids der Formel $C^6 H^4 O^4$

1) Frerichs a. a. O. S. 835.
2) A. a. O. S. 853.
3) Lehmann a. a. O. S. 273.

entſpricht, ſo braucht daſſelbe nur 2 HO aufzunehmen, um ſich rückwärts in Milchſäurehydrat zu verwandeln.

Die Eigenſchaft des Traubenzuckers, unter dem Einfluß verſchiedener Gährungserreger, unter anderen auch durch Gerſtenhefe, Milchſäure zu bilden, iſt eine Entdeckung von Boutron und Frémy. Da man jedoch die Milchſäure am zweckmäßigſten aus Milchzucker darſtellt, ſo werde ich die Gewinnungsweiſe im fünften Buch bei der Milch zur Sprache bringen.

§. 7.

Wenn Traubenzucker mit thieriſchen Hefen längere Zeit einer Wärme von 30—40° ausgeſetzt wird, dann tritt eine Butterſäuregährung ein (Pélouze und Gélis). Es war Engelhardt und Maddrell vorbehalten, den für die Phyſiologie ſo werthvollen Nachweis zu liefern, daß dieſer Bildung von Butterſäure die Entſtehung von Milchſäure vorausgeht.

Ein Aequivalent waſſerfreien Traubenzuckers liefert 2 Aeq. Milchſäurehydrat:

$$C^{12}\,H^{12}\,O^{12} = 2\,(C^6\,H^5\,O^5 + HO).$$

Indem die Gährung bis zur Butterſäurebildung fortſchreitet, wird Kohlenſäure und Waſſerſtoffgas entwickelt:

Milchſäurehydrat Butterſäurehydrat

$$2\,(C^6\,H^5\,O^5 + HO) = C^8\,H^7\,O^3 + HO + 4\,CO^2 + 4\,H.$$

Wer nur irgend alle willkürliche Zweifelſucht, ſo gut wie allen willkürlichen Glauben über Bord geworfen und ſich gepanzert hat mit der feſten Ueberzeugung, daß allüberall nothwendige Naturgeſetze herrſchen, der mußte, jene Thatſachen, die Verdauungsflüſſigkeiten und die Nahrungsſtoffe kennend, mit Beſtimmtheit die Bildung von Butterſäure im Darmkanal annehmen. So Liebig.

Aber die unmittelbare, nicht die denkende, ſondern die den Gedanken nur noch abſchreibende Erfahrung ſteht uns überdies zur Seite. Valentin beobachtete ſchon vor längerer Zeit bei der Einwirkung des Bauchſpeichels auf Zuckerlöſungen kräftige Gährungserſcheinungen, eine ſtark ſaure Reaction und einen widerlich ſauren

Geruch [1]). Es ist durch verschiedene Untersuchungen bekannt, daß der Darmkanal ein Gasgemenge enthält, das reich ist an Kohlensäure und Wasserstoff (Magendie und Chevreul, Chevillot). Bis zur Bildung der Milchsäure sind wir in §. 5 der Umsetzung des Zuckers gefolgt. Sollen wir noch zweifeln, daß die Gährungserreger der Verdauungssäfte die Milchsäure unter Entwicklung von Kohlensäure und Wasserstoff auch in Buttersäure verwandeln?

Frerichs theilt uns unter den Ergebnissen seiner zahlreichen und gediegenen Forschungen über die Verdauung mit, daß er wiederholt im Darminhalt von Hunden, die mit Kartoffeln und Brod gefüttert waren, Buttersäure beobachtet hat [2]).

§. 8.

Darum also nannte ich die stärkmehlartigen Körper Fettbildner.

Unter den vielen genialen Lichtblitzen, mit denen Liebig plötzlich die Nacht aufhellte, in der die Physiologie des Stoffwechsels ein kümmerliches Leben dahin träumte, war dies einer der leuchtendsten. Die Thiere bereiten aus Stärkmehl Fett.

Liebig machte darauf aufmerksam, daß gerade die Körper, deren man sich vorzugsweise zur Fettmästung bedient, Kartoffeln, Rüben, Reis, Hülsenfrüchte, sehr wenig Fett und sehr viel stärkmehlartige Verbindungen enthalten.

Er lieferte durch Wägungen den Beweis, daß die Thiere das Fett, welches sie nach der Mast im Körper führen, unmöglich als solches aus ihrem Futter aufnehmen können.

Liebig zeigte durch Zahlenbelege, daß eine Kuh in ihrem Koth ziemlich ebenso viel Fett ausleert, wie sie in ihrer Nahrung, in Heu und Kartoffeln erhält. Eine solche Kuh liefert Milch und Butter. Ihre Butter muß von den stärkmehlartigen Nahrungsstoffen herrühren.

Man wußte durch Gundelach, der in Huber's Fußstapfen getreten war, daß die Bienen Zucker in Wachs verwandeln.

---

1) Valentin's Lehrbuch der Physiologie des Menschen, zweite Auflage, Braunschweig 1847, Bd. I. S. 356, 357.

2) A. a. O. S. 853.

Alle dieſe Thatſachen, die Liebig in einen ſo überzeugenden Zuſammenhang brachte, wurden von ihren heftigſten Bekämpfern, von Dumas, Payen, Bouſſingault, nach und nach anerkannt. Von dieſem Augenblick an ſtand die Lehre, daß Stärkmehl im Thierleib in Fett übergeht, feſt. Die ſtärkmehlartigen Nahrungsſtoffe ſind Fettbildner.

Lehmann [1]) wundert ſich darüber, daß der Chylus trotzdem nach pflanzlicher Nahrung ärmer an Fett iſt als nach fetter thieriſcher Koſt? Fett, das ſchon gebildet iſt, kann leichter aufgenommen werden, als Fett, das ſich erſt aus Stärkmehl entwickelt. Bouſſingault habe „in ſeinen neueren Verſuchen an Enten nie gefunden, daß der Fettgehalt der Darmcontenta nach Fütterung mit Stärkmehl oder Zucker ſich mehre.“ Wenn aber eine Vermehrung des Fetts im Körper dennoch feſtſteht — nach Bouſſingault's eigenen Verſuchen feſtſteht —, wird man dann nicht aus jener Beobachtung bloß ſchließen, daß das Fett aus dem Darm ſchon in die Gefäße übergegangen war? Wird man nicht aus dem verhältnißmäßig niedrigen Fettgehalt des Chylus in ſolchen Fällen folgern, daß das Fett reichlicher in die Adern überging? Thomſon ſei „bei ſeinen Verſuchen über den Einfluß verſchiedener Futterarten auf die Erzeugung von Milch und Butter zu dem Schluſſe gelangt, daß Zucker keinen Antheil an der Erzeugung des Fettes nimmt.“ Aber Thomſon [2]) gerade fand, daß Kühe, die Gerſte und Heu fraßen, in der Milch und den feſten Excrementen zuſammen 5,64 Pfund Fett mehr enthielten als in dem Futter vorhanden war.

Alſo ſind es Fettbildner die ſtärkmehlartigen Nahrungsſtoffe, die ſich in Zucker verwandeln können.

Die Fettbildung beginnt bei dem Auftreten der Butterſäure, von der wohl nur wenige Chemiker mit Lehmann meinen, daß ſie den Fetten nicht näher ſtehe als Ameiſenſäure oder Eſſigſäure. Auf welche Weiſe die Butterſäure in Fette übergeht, die mehr Kohlenſtoff und Waſſerſtoff enthalten als ſie ſelbſt, das wiſſen wir nicht. Hier, wie ſo oft, kennen wir nur das Endziel der Umſetzung. Nur ſo viel läßt ſich aus der Zuſammenſetzung der übrigen Fette unmittelbar entnehmen, daß

1) Lehrbuch der phyſiologiſchen Chemie, zweite Auflage, Bd. I. S. 264.

2) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXI. S. 234.

die Buttersäure Sauerstoff verlieren muß, um sich in jene zu verwandeln. Gesetzt 4 Aeq. Buttersäurehydrat lieferten 1 Aeq. Margarinsäurehydrat, dann müssen sie 12 Aeq. Sauerstoff verlieren:

Buttersäurehydrat — Margarinsäurehydrat

$$4\ (C^6\ H^7\ O^3 + HO) - 12\ O = C^{32}\ H^{31}\ O^3 + HO.$$

Eine solche Reduction im Darmkanal steht nicht vereinzelt da. Schwefelsaure Alkalien werden im Darm in Schwefelleber verwandelt [1]).

§. 9.

Es ist ein ziemlich übereinstimmendes Ergebniß aller Untersuchungen, daß die Fette durch den Speichel und den Magensaft keine Veränderung erleiden. Nur Leuret und Lassaigne wollen bei Pferden, die sie mit Hafer gefüttert hatten, schon im Magen einige durch aufgenommenes Fett milchweiß gewordene Chylusgefäße beobachtet haben. Lenz hat indeß diese Angabe bei Katzen, Hunden und Kaninchen niemals bestätigen können [2]).

Eine volksthümliche Beobachtung, daß die Galle mancherlei Fettflecken wegnimmt, hat schon vor alter Zeit Veranlassung gegeben, daß man der Galle eine starke auflösende Kraft für die Fette zuschrieb (Haller). Bernard und Lenz betonen indeß, daß die Galle dieses Auflösungsvermögen nur für freie Fettsäuren besitze, während es sich in der großen Mehrzahl der Fälle bei der Verdauung um die Auflösung neutraler Fette handle. Dieser letzteren sind aber ältere und neuere Versuche allerdings ungünstig. Valentin, Bouchardat und Sandras und ganz neuerdings wieder Lenz konnten keine chemische Veränderung der Fette durch die Galle bewirken.

Man weiß seit längerer Zeit, und H. Müller's Untersuchungen haben es vollends über allen Zweifel erhoben, daß die milchweiße Farbe des Chylus von aufgenommenem Fett herrührt. Brodie nun hat bei Unterbindung des Gallengangs (und des Bauchspeichelgangs) keine milchweiße Speisesaftgefäße beobachtet. Magendie dagegen

---

1) Vgl. Lehmann, a. a. O. Bd. I. S. 455.

2) Ed. Lenz, de adipis concoctione et absorptione, Mitaviae 1850. p. 75.

und Lenz [1]), welcher letztere noch überdies für freien Abfluß der Galle sorgte, sahen fetthaltige Chylusgefäße auch bei Thieren, denen sie den Ausführungsgang der Leber unterbunden hatten, und es ist in physiologischen Dingen ein ganz richtiger Grundsatz, wenn man in Fällen dieser Art auf Einen bejahenden Versuch mehr Werth legt als auf hundert verneinende.

Aus diesen und jenen Versuchen zieht man denn in neuester Zeit ziemlich allgemein den Schluß, daß die Galle auf die neutralen Fette chemisch nicht einwirkt.

Wenn aber auch bei unterbundenem Gallengang milchweiße Chylusgefäße auftreten, so ist das allerdings ein Beweis, daß die Galle nicht durchaus nothwendig ist zur Auflösung der Fette im Darmkanal, aber eine Einwirkung der Galle könnte dennoch stattfinden. Dafür spricht schon die Beobachtung von Tiedemann und Gmelin, die bei Hunden, deren Gallengang unterbunden war, den Chylus weniger milchig fanden [2]).

Den erstgenannten verneinenden Ergebnissen der Forschungen von Valentin, Bouchardat und Sandras, Lenz u. A. gegenüber ist jedoch zu erwägen, daß die Galle kohlensaure Alkalien enthält, daß kohlensaure Alkalien, wenn die Einwirkung lange genug fortdauert, neutrale Fette verseifen können, und daß eine solche Einwirkung, begünstigt von einer Wärme von etwa 38°, im Darmkanal stattfindet. So weit also der Vorrath des kohlensauren Alkalis der Galle reicht, muß eine theilweise Verseifung der Fette allerdings stattfinden, die wegen der raschen und fortwährenden Zersetzung der Galle selbst durch quantitative Untersuchungen gar nicht so leicht zu beobachten ist, daß man hier auf bloß qualitative Versuche hin entschieden zu verneinen berechtigt wäre. Es geschieht Vieles im Organismus, was sich nicht unmittelbar wahrnehmen läßt. Mulder hat nach meiner Meinung am treuesten den Grundsatz festgehalten, daß Erscheinungen, die außerhalb des Organismus unter bestimmten Bedingungen sich ereignen, auch im Körper auftreten müssen, wenn in diesem dieselben Bedingungen gegeben sind. — Nach Strecker be-

1) A. a. O. S. 58.

2) Vgl. H. Nasse, Art. Chylus in Rud. Wagner's Handwörterbuch. S. 247, 248.

ſitzt auch das choleinſaure Natron die Fähigkeit Fettſäuren und neutrale Fette in den gelöſten Zuſtand überzuführen [1]).

Klein wird die Wirkung des kohlenſauren Alkalis immerhin ſein, einmal weil die Menge deſſelben in der Galle nicht groß iſt, und zweitens weil das Alkali noch überdies theilweiſe durch die Säure des Magenſafts geſättigt wird. Keinenfalls aber darf das löſende Vermögen der kohlenſauren und der choleinſauren Alkaliſalze für die Fette ganz überſehen werden.

Je mehr nun die verdauende Kraft der Galle in dieſer Richtung beſtritten wurde, um ſo willkommner waren die Verſuche Bernard's, der Bauchſpeichel mit Fetten ſehr raſch eine Emulſion bilden ſah, in welcher die neutralen Fette ſich bald in Glycerin und die entſprechenden Fettſäuren verwandeln. Behandelt man in dieſer Weiſe Butter mit Bauchſpeichel, dann entwickelt ſich in kurzer Zeit ein kräftiger Geruch nach Butterſäure [2]). Bernard's Angaben wurden von Magendie, Milne Edwards und Dumas in Paris, von Lenz [3]) in Dorpat und von mir ſelber beſtätigt. Seitdem erhielten Laſſaigne und Colin dieſelben Ergebniſſe [4]). Frerichs dagegen ſcheint es nicht gelungen zu ſein, Bernard's Verſuche mit gleich günſtigem Erfolg zu wiederholen, was ſich indeß ganz einfach daraus erklären würde, daß Frerichs laut ſeiner eigenen Ausſage [5]) als Bauchſpeichel eine ganz andere Flüſſigkeit vor ſich hatte, als diejenige, welche Bernard für die regelmäßige geſunde Abſonderung erklärt.

Trotz der Beſtätigung, die Lenz ſelbſt außerhalb des Thierkörpers für jenen Hauptverſuch des franzöſiſchen Forſchers gefunden hat, nimmt er an, die Aufnahme des Fetts in die Chylusgefäße erfolge nicht durch Verſeifung, weil die Hauptmaſſe des Fetts in den Chylusgefäßen neutral ſei. Wenn uns aber Lehmann als eine allgemeine Eigenſchaft in Zerſetzung begriffener Eiweißkörper die Zerlegung

1) Strecker in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXV. S. 29.

2) Bernard in den Annales de chimie et de physique, 3e série. T. XXV, p. 476.

3) Lenz, a. a. O. p. 26, 34.

4) Comptes rendus, T. XXXI, p. 740, XXXII, p. 374, 375.

5) Frerichs Art. Verdauung in Rud. Wagner's Handwörterbuch, S. 844, 845.

neutraler Fette in Glycerin und Fettsäuren kennen lehrt [1]), wenn wir an dem eiweißreichen Bauchspeichel diese Eigenschaft außerhalb des Körpers wiederfinden, wenn wir endlich wissen, daß Glycerin sowohl, wie fettsaure Alkalien in Wasser löslich sind, wird es dann nicht viel natürlicher sein anzunehmen, daß Glycerin und Seifen als solche in die Chylusgefäße übergehen, dort aber sehr bald wieder die Fettsäuren sich mit dem Glycerin zu neutralen Fetten verbinden? Oder wäre eine solche Verbindung wunderbarer, als die Zersetzung in Seifen, welche die neutralen Fette wieder erfahren, wenn sie in das Blut gelangt sind?

Es ist wirklich auffallend, daß Lenz aus den negativen Versuchen mit Galle und Fett schließt, die Galle besitze keine auflösende Kraft für die neutralen Fette, und dieselbe Folgerung aus seinen Versuchen mit dem Bauchspeichel ableitet, während er doch hier das neutrale Fett in Glycerin und Fettsäure übergehen sah, bloß deshalb, weil er die Fettsäure da nicht mehr wiederfinden konnte, wo er sie noch vermuthete.

Jedenfalls geht aber Bernard zu weit, wenn er dem Bauchspeichel ganz ausschließlich die Fähigkeit zuschreibt, Fette zu lösen. Bernard wollte bei Unterbindung des Ductus Wirsungianus in den Chylusgefäßen allemal einen durchsichtigen, klaren, ganz von Fett entblößten Speisesaft auffinden. Brodie's ältere Versuche, der bei Katzen, denen er nur den Gallengang unterbunden zu haben glaubte, milchweißen Chylus vermißte, erklärte Bernard dadurch, daß in der Katze der Gallengang mit dem Bauchspeichelgang vereint in den Zwölffingerdarm einmünde. Brodie habe deshalb nicht bloß die Galle, sondern auch den Bauchspeichel aus dem Verdauungskanal abgeschlossen. Bei Kaninchen, bei denen der Ductus Wirsungianus etwa 35 Centimeter tiefer als der ductus choledochus in den Darm einmünde, treffe man nach der Fütterung mit Fett milchweiße Speisesaftgefäße erst abwärts von der Stelle, an welcher der Bauchspeichel ergossen wird. Frerichs und Lenz haben aber nach ihren Versuchen diesen Angaben Bernard's auf das Bestimmteste widersprochen. Wenn Frerichs den oberen Theil des Dünndarms unterhalb der Einmündungsstelle der Ausführungsgänge der Leber und der

1) Lehrbuch der physiol. Chemie, zweite Auflage, Bd. I. S. 251.

Bauchspeicheldrüse unterband und in den unteren Theil des Darms von oben Milch mit Olivenöl einspritzte, dann sah er beinahe immer die Speisesaftgefäße mit milchweißem Chylus gefüllt [1]). Ebenso fand Lenz [2]) in mehren Versuchen, in welchen dem Bauchspeichel der Eintritt in den Darm verwehrt war, die Chylusgefäße mit einem milchweißen Inhalt versehen. Bei diesen Versuchen ist aber nach Frerichs und Lenz sehr zu berücksichtigen, daß eine starke Entzündung des Darms, die in Folge der blutigen Eingriffe leicht entsteht, die Aufnahme des Fetts hindert. Deshalb und weil Bernard die Oeffnung seiner Thiere zu spät — 5 bis 6 Stunden — nach der Fütterung vornahm, habe er zu viel Gewicht gelegt auf die durchsichtige Flüssigkeit, die er in den Chylusgefäßen beobachtete. Bei Kaninchen, denen Lenz vor 4½, 2½, ½ Stunde Oel durch den Mund eingespritzt hatte, sah er [3]) auch oberhalb der Einmündung des Bauchspeichelgangs milchweißen Speisesaft.

Ausschließlich ist also die lösende Einwirkung des Bauchspeichels auf die Fette nicht. Das ergiebt sich schon aus dem, was ich oben über den Einfluß der Galle auseinandersetzte, und aus Frerichs' Versuchen, der bei einer Vergleichung der lösenden Kraft des Bauchspeichels, der Galle, des Blutserums und des Speichels nur einen geringen Unterschied zu Gunsten des erstgenannten beobachtete [4]). Am bezeichnendsten ist aber eine Wahrnehmung von Buttersäure im Darminhalt, die Lenz [5]) bei einer mit Butter gefütterten Katze machte, welcher vorher der Bauchspeichelgang unterbunden war.

Das darf uns indeß nicht wundern, da auch der alkalische Darmsaft die Eigenschaft besitzt, Fette zu lösen. Frerichs [6]) schüttelte Olivenöl mit Darmsaft. Das Fett ging mit der zähen Flüssigkeit eine feine Vertheilung ein, aus der es sich nur langsam und unvollständig wieder ausschied.

---

1) Frerichs, A. a. O. S. 849.
2) Lenz, a. a. O. p. 51—57.
3) Lenz, a. a. O. p. 83, 84.
4) Frerichs, a. a. O. S. 848.
5) Lenz, a. a. O. p. 31.
6) Frerichs, a. a. O. S. 852.

Galle, Bauchspeichel und Darmsaft üben also vereinigt lösende Wirkung auf die Fette. Der Bauchspeichel zeichnet sich indeß vorzüglich durch sein Auflösungsvermögen aus, für welches Bernard, Dumas, Magendie, Milne Edwards, Lenz, ich, Lassaigne, Colin und auch Frerichs, der wenigstens einen geringen Unterschied zu Gunsten des Bauchspeichels zugiebt, die Gewährsmänner sind, obgleich Lenz und Frerichs abweichende Schlüsse aus ihren Beobachtungen ziehen.

Fette werden aber um so leichter durch Galle, Bauchspeichel und Darmsaft verseift, weil diese klebrigen Flüssigkeiten eine große Neigung haben, sich mit Fett zu Emulsionen zu verbinden, in welchen die Einwirkung an möglichst zahlreichen Angriffspunkten stattfindet. Die Emulsion leistet hier der Bethätigung chemischer Kräfte denselben Vorschub, den wir sonst durch die Auflösung erreichen.

Wenn nun die oben nach Versuchen geschilderte chemische Auflösung der Fette im Darmkanal bewirkt wird, dann brauchen wir zu der Aufnahme fein vertheilter Fette als solcher, ohne daß sie gelöst wären, unsere Zuflucht nicht zu nehmen. Einer solchen Annahme stehen überdies die von Valentin und Lenz [1]) über die Endosmose der Fette angestellten Forschungen durchaus im Wege. Es steht ihr ferner im Wege, daß Margarin und Stearin, die erst weit über 38° C. schmelzen, also im Darmkanal einer solchen Vertheilung nicht fähig sind, dennoch verdaut werden.

Aus den Beobachtungen von E. H. Weber, Frerichs [2]) und Lenz [3]), die kleine Fetttröpfchen in den Cylinderepithelien des Darms vorfanden, dürfen wir also nur schließen, daß durch irgend einen chemischen Einfluß schon hier die Fettsäuren theilweise mit Glycerin verbunden oder als solche in Freiheit gesetzt werden, so daß sie der mikroskopischen Beobachtung zugänglich sind. Vielleicht ist dies jedoch nur eine Folge des Todes.

Keinenfalls ist es gerechtfertigt, die Lösung der Fette durch Bauchspeichel im Darmkanal zu läugnen, weil der Chylus neutrale Fette führt. So gut wir die Seifen des Bluts in den Geweben als

1) A. a. O. p. 42, 43.

2) A. a. O. S. 854.

3) A. a. O. p. 88, 89.

neutrale Fette wiederfinden, ebenso gut können die Seifen des Darminhalts in den Chylusgefäßen als neutrale Fette auftreten. Ja Letzteres ist viel leichter zu begreifen, weil wir die Quelle des Glycerins dabei kennen, die uns in jenem Falle bisher entgangen ist.

Wachs wird viel schwieriger verseift als Fett. Das ist der Grund, warum nach Bouchardat und Sandras sowohl wie nach Thomson [1]) der größte Theil des Wachses mit dem Koth wieder ausgeleert wird.

§. 10.

Wenn schon ältere Versuche der Ansicht, daß der Speichel eine lösende Kraft für die eiweißartigen Stoffe besitze, nicht günstig waren, so wiederholt sich dieses Ergebniß in den neuesten Beobachtungen von Jacubowitsch, Bidder und Schmidt und von Frerichs. Diese Forscher fanden, daß geronnenes Eiweiß mit der Mundflüssigkeit bei einer Wärme von 35—40° vermischt selbst in vielen Stunden nur einen höchst unbedeutenden Gewichtsverlust erlitt. Gekochter Weizenkleber wurde nach Frerichs durch Speichel etwas aufgelockert und verlor in einem Versuch 2 Procent, in einem zweiten 6 Proc. an Gewicht. Frerichs leitet jedoch diesen Gewichtsverlust von einer Verunreinigung des Klebers mit Stärkmehl ab [2]). Dagegen ist zu erwähnen, daß Spallanzani, Helm und Wright geronnene Eiweißkörper durch den Magensaft leichter verdaut werden sahen, wenn vorher Speichel auf dieselben eingewirkt hatte.

Demnach ist die Einwirkung des Speichels auf die Eiweißkörper nur gering. Das eigentliche Lösungsmittel der geronnenen eiweißartigen Verbindungen ist nach der einstimmigen Aussage aller Beobachter der Magensaft. Wenn auch Erbsenstoff und lösliches Eiweiß durch bloße verdünnte Säuren nach Mulder gelöst werden können [3]), so wird die Wirkung der Säuren doch beträchtlich erhöht, wenn zugleich der organische Stoff des Magensafts zugegen ist. Und Beccaria's Kleber wird auch nach Mulder durch verdünnte Säuren ohne jene organische Hefe nicht gelöst.

---

1) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXI. S. 234.

2) A. a. O. S. 771.

3) Proeve eener algemeene physiologische Scheikunde, p. 1063, 1064.

Andererseits ist es durch zahlreiche Untersuchungen bekannt, wie mächtig die Säure die Einwirkung des organischen Dauungsstoffs unterstützt, ja nach Lehmann[1]) scheint es als ob die verdauende Kraft desselben durch Zunahme des Wassers und der Säure bis ins Unendliche vermehrt werden könne. Dies erklärt sich aus dem günstigen Einfluß der Säure von selbst. Denn die Alkalien und namentlich der phosphorsaure Kalk, welche die Eiweißstoffe durchdringen, werden durch die Säure gelöst. Allein die Säure wird dabei durch das Alkali gesättigt. Wird diese gesättigte Säure ersetzt, dann wirkt der Magensaft um so kräftiger, weil die Eiweißkörper leichter angegriffen werden, nachdem sie der Salze beraubt sind. Wenn man indeß die Säure des Magensafts über eine gewisse Grenze vermehrt, dann wird nach Lehmann die Verdauung gehemmt[2]).

Milchsäure und Salzsäure fand Lehmann in ihrem Einfluß auf die Verdauung gleich thätig und viel kräftiger als Essigsäure und Phosphorsäure[3]). Deshalb ist es so wichtig daß die Milchsäure Chlorcalcium und Chlormagnesium zu zersetzen vermag, so daß die Nahrungsmittel selbst nicht selten eine Quelle von Salzsäure abgeben. Nach Mulder zerfällt das Chlormagnesium des Trinkwassers selbst bei gewöhnlicher Temperatur und ohne daß Säuren zugegen sind in Bittererde und Salzsäure, also um so leichter bei einer Wärme von 38°, in welcher noch überdies die Säure des Magensafts die Bittererde sättigt. (Vgl. oben S. 194). Der Behauptung von Bernard und Barreswil entgegen wird jedoch das Kochsalz nach Lehmann durch Milchsäure nicht zerlegt[4]).

Fette befördern, wie ich schon oben berichtete, nicht nur die Entstehung von Milchsäure aus den Fettbildnern, sondern auch die Verdauung der Eiweißstoffe durch den Magensaft (Lehmann[5]), Elsässer).

---

1) Lehmann, in Erdmann und Marchand, Journal für prakt. Chemie, Bd. XLVIII, S. 127.

2) A. a. O. S. 149.

3) Ebendaselbst S. 153.

4) Lehmann, Lehrbuch der physiol. Chemie, 2. Auflage. Bd. I, S. 98.

5) Ebendaselbst S. 273.

In ihren Eigenschaften werden die Eiweißstoffe bei der Verdauung im Magen verändert. Zunächst findet nach den Angaben Prout's, Beaumont's und Mulder's[1]), mit denen freilich Tiedemann und Gmelin und Blondlot nicht übereinstimmen, eine Gerinnung des löslichen Eiweißes und des Erbsenstoffs statt. Die geronnenen Eiweißkörper werden darauf gelöst. In diesen Lösungen nun entsteht durch Siedhitze, durch die meisten Metallsalze, durch Säuren, Alkalien, durch Essigsäure und Blutlaugensalz keine Trübung. Lehmann hat wegen dieser Veränderung in den Eigenschaften die im Magen verdauten Eiweißkörper als Peptone, Mialhe als Albuminose bezeichnet. Es verdient jedenfalls Beachtung, daß diese Veränderungen nach Lehmann nur dann stattfinden, wenn die Eiweißkörper durch die vereinte Wirkung des organischen Stoffs des Magensafts und der Säure, nicht wenn sie durch letztere allein gelöst sind.

Als eiweißartige Verbindungen werden indeß die Peptone immer noch erkannt, indem sie beim Kochen mit Salpetersäure Fourcroy's gelbe Säure und mit Alkohol, Sublimat, essigsaurem Bleioxyd nebst einigen Tropfen Ammoniak, oder mit Gerbsäure versetzt, Niederschläge geben[2]). Durch basisch essigsaures Bleioxyd wird nach Lehmann nur eine geringe Trübung bewirkt, die in einem Ueberschuß des Prüfungsmittels verschwindet[3]).

Jener Veränderung in den Eigenschaften, welche schon von J. Vogel und Anderen beobachtet wurde, entspricht indeß keine Veränderung in dem quantitativen Verhältniß der Elemente. Mulder hat Eiweiß in verdünnter Salzsäure, der ein Stückchen Magenschleimhaut zugesetzt war, gelöst und durch kohlensaures Ammoniumoxyd niedergeschlagen, ohne daß sich bei der Elementaranalyse andere Zahlen ergaben[4]). Lehmann fand die Zusammensetzung seiner Peptone für Schwefel, Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff ganz unverändert wie in den Mutterkörpern.

---

1) Mulder, a. a. O. S. 1064.

2) Frerichs, a. a. O. S. 810.

3) Lehmann, a. a. O. Bd. II, S. 52.

4) Scheikundige onderzoekingen, Deel IV, p. 399, Lehmann, a. a. O. Bd. II. S. 53.

Manche neuere Forscher sprechen der Galle, dem Bauchspeichel, ja sogar dem Darmsaft jede merkliche Einwirkung auf die Eiweißstoffe ab. Für den Darmsaft ist dies jedenfalls irrig. Wenn gleich Mulder nach der entgegengesetzten Seite hin ebenso übertreibt, wenn er den Dickdarm als den Hauptort der Eiweißverdauung betrachtet wissen will[1]), so ist doch diese Ansicht eine sehr willkommene Mahnung gegen Beobachter, die wie Frerichs nach einigen mißlungenen physiologischen Versuchen chemische Gesetze umstoßen zu können glauben[2]). Der Darmsaft muß durch sein Alkali lösend auf die Eiweißkörper einwirken, und diese Nothwendigkeit fand Steinhäuser in seinen Beobachtungen bestätigt. Nach einer vorläufigen Mittheilung Lehmann's haben sich Bidder und Schmidt durch umfassende Versuche gleichfalls überzeugt, daß der Darmsaft eiweißartige Nahrungsstoffe zu lösen vermag.

Uebrigens nehmen nach Frerichs[3]) die eiweißartigen Verbindungen unter dem Einfluß der Galle, des Bauchspeichels und des Darmsaftes die gewöhnlichen Eigenschaften des Eiweißes (und des Käsestoffs) wieder an.

In ähnlicher Weise wie schon im Magen die Verdauung gefördert wird durch Milchsäure und Salzsäure, die aus den Nahrungsstoffen entstehen, wird auch im Blinddarm, zumal bei den Pflanzenfressern, häufig eine ziemlich beträchtliche Menge geronnener Eiweißkörper gelöst durch die Milchsäure, die auch hier noch aus den Fettbildnern hervorgeht.

§. 11.

Ein großer Theil der oben erörterten Thatsachen ist durch sogenannte künstliche Verdauungsversuche gefunden, zu denen Reaumur den ersten Anstoß gab, während dieselben später von Spallanzani, Eberle (1834), Joh. Müller und Schwann (1836), Pappenheim, Wasmann (1839) und vielen Neueren vervollkommnet wurden.

---

1) Proeve eener algemeene phys. Scheik. p. 1089, 1090.

2) Frerichs, A. a. O. S. 882.

3) Ebendaselbst S. 855.

Diese künstlichen Verdaungsversuche bestehen darin, daß man die Nahrungsstoffe oder die Nahrungsmittel in Brutmaschinen oder ähnlichen Vorrichtungen, in welchen eine beständige Wärme von 37 bis 40° erhalten werden kann, mit den verschiedenen Verdauungsflüssigkeiten vermischt. Sie haben unstreitig den Vorzug, daß sie, wie alle Versuche, zu denen die richtigen Mittel gewählt sind, die Bedingungen vereinzeln, unter denen die Erscheinungen im Organismus stattfinden, und dadurch die Beobachtung vereinfachen. Es ist indeß noch weit davon entfernt, daß man in solchen vereinfachten Verhältnissen die einzelnen Nahrungsstoffe so systematisch untersucht hätte, wie es im Interesse des Lebens zu wünschen wäre. Und andererseits tragen diese Verdauungsversuche insofern das Gepräge der Unvollkommenheit an sich, als bei denselben vielfach übersehen wurde, daß die behufs der Forschung getrennten Flüssigkeiten auch in ihrer vereinten Wirkung zu verfolgen sind.

Dem Physiologen kann es nimmermehr genügen, wenn er bloß weiß, wie der Speichel auf Stärkmehl, der Magensaft auf Eiweiß, die Galle auf Zucker, der Bauchspeichel auf Fett wirkt. Es gilt ihm den Einfluß sämmtlicher, nach einander und vereint wirkender Verdauungssäfte auf zusammengesetzte Nahrungsmittel zu erkennen. Dieses Ziel aber erfordert noch große und umfassende Arbeiten.

Darum verdient es die höchste Anerkennung, daß zahlreiche neuere Forscher, Blondlot, Bouchardat und Sandras, Bernard und Barreswil, Frerichs, Lenz und Andere die Bahn wieder betreten, auf welcher Tiedemann und Gmelin durch ihre unsterbliche Arbeit vorangeleuchtet haben. Die letztgenannten Forscher sind bei so viel weniger vollkommenen Hülfsmitteln chemischer Prüfung nicht zurückgeschreckt vor der weitführenden Aufgabe, die Veränderungen der Nahrungsstoffe im Thierleib selbst aufzusuchen. Eine systematische Anwendung der künstlichen Verdauungsversuche auf die einzelnen Nahrungsstoffe, für die Frerichs bereits Rühmliches geleistet, verbunden mit der Beobachtung im Thierkörper selbst nach Tiedemann's und Gmelin's klassischem Vorbild, unter sorgfältiger Benützung aller der Fortschritte, auf welche die analytische Chemie stolz sein darf, — das ist das nächste, noch lange nicht erreichte Ziel in der Lehre der Verdauung.

Für die Anstellung künstlicher Verdauungsversuche ist es eine

Thatsache von großer Wichtigkeit, daß, wie Frerichs[1]) berichtet, die Versuche mit der Magenschleimhaut von Fröschen, Kaninchen, Eseln, Katzen, Hunden und Menschen gleichen Erfolg haben. Und zwar gelingen die Versuche ebenso vollständig, wenn die Luft abgeschlossen wird, als wenn dieselbe freien Zutritt hat.

Während eine Wärme von 37—40° die lösende Kraft von Verdauungssäften in hohem Grade verstärkt, wird die Einwirkung derselben durch niedere Wärmegrade bedeutend geschwächt. Schon Spallanzani meldete, daß der Magensaft bei 12° kaum mehr leistet als reines Wasser, was natürlich nur auf die warmblütigen Thiere Anwendung findet.

§. 12.

Als Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen über die Verdauung stellt sich nun Folgendes heraus.

Die löslichen Chlorkalkalkalimetalle und die löslichen Salze werden durch das Wasser der verschiedenen Verdauungssäfte, die schwer löslichen Erdsalze und das Eisenoxyd durch die freie Säure des Magensafts gelöst.

Alle stärkmehlartige Körper, die sich in Zucker verwandeln lassen, werden — die einen rasch, die anderen langsam, zum Theil sehr langsam — durch die Mundflüssigkeit und den Bauchspeichel in Zucker umgesetzt und in Folge dieser Umsetzung löslich. Obgleich die im Verdauungskanal auftretende Milchsäure und andere freie Säuren diese Umwandlung verzögern, heben sie dieselbe doch keineswegs auf.

Zucker verwandelt sich unter der Einwirkung der Galle in Milchsäure, und in dieser Richtung arbeitet auch der Darmsaft fort an dem Umsatz der Fettbildner. Die Milchsäure geht nach und nach in Buttersäure über, deren Bildung der Bauchspeichel vorzüglich zu fördern scheint.

Fett wird am leichtesten gelöst vom Bauchspeichel. Allein die Absonderung des Pankreas wird unterstützt von den alkalischen Salzen

---

1) A. a. O. S. 796.

der Galle und des Darmsafts. Galle, Bauchspeichel und Darmsaft verwandeln die neutralen Fette in Seifen und Glycerin.

Durch den Speichel einigermaaßen vorbereitet werden die Eiweißkörper im Magensaft gelöst. Nach Boerhave's Vorgang meinen noch viele neuere Forscher — ich will nur Mulder anführen —, die Galle schlage die eiweißartigen Körper, die der Magensaft gelöst hatte, nieder. Allein Frerichs[1]) hat neuerdings wieder die Angabe von Tiedemann und Gmelin bestätigt, daß sich diese Fällung auf Schleim und Epithelien beschränkt. Die Galle und der Bauchspeichel sollen keine Wirkung auf die eiweißartigen Verbindungen ausüben. Durch ihre alkalischen Salze und durch den alkalischen Darmsaft wird aber jedenfalls die dem Magensaft hauptsächlich zufallende Auflösung derselben vollendet.

So ist denn der Chymus schon im Magen mit einer Flüssigkeit getränkt, welche Salze, Zucker und Eiweiß gelöst enthält. Zu diesen Stoffen gesellen sich aber im Dünndarm, in dem der Speisebrei immer mehr zu Speisesaft, der Chymus zu Chylus wird, Milchsäure, Buttersäure, Seifen. Mit Einem Worte die anorganischen Bestandtheile, die Fettbildner und Fette, die Eiweißkörper sind gelöst und umgesetzt, zum Theil eben durch die Umsetzung verflüssigt.

Diese Verflüssigung ist die Bedingung des Uebergangs der Nahrungsstoffe in die Speisesaft- und Blutgefäße des Verdauungskanals. Die Schleimhaut der Verdauungswege und die hinter ihr liegenden Wandungen der Chylusgefäße und der Adern sind die Membranen, welche die Endosmose bedingen.

Nach Mulder ginge immer die dünnere Flüssigkeit des Chymus zu der dichteren des Bluts[2]). Daß dies im Magen möglich ist, hat Frerichs durch Zahlenbelege bewiesen. Er fand, daß der flüssige Theil des Chymus im Magen ein specifisches Gewicht von 1024 bis 1035 besaß, während das des Bluts 1050—1059 beträgt. Allein der Annahme, daß aus dem Darm jederzeit eine dünnere Flüssigkeit zu einer dichteren in die Gefäße hinübergehen müsse, hat man nach einer einseitigen Auffassung der Endosmose viel zu sehr gehuldigt. Es ist nach meiner Meinung ein entschiedener Fehler in Mulder's Dar-

1) A. a. O. S. 834.

2) Proeve eener alg. physiol. Scheikunde p. 1059.

stellung aller ähnlicher Verhältnisse, daß er zu ausschließlich die Dichtigkeit der Mischungen berücksichtigt, welche durch eine Membran getrennt sind. Der Chylus in den Chylusgefäßen besitzt nach Marcet ein specifisches Gewicht von 1021—1022 und gewiß häufig ein noch geringeres [1]). Nach diesen Zahlen hat also Frerichs im Magen den flüssigen Theil des Chymus dichter gefunden. Die Möglichkeit des Uebergangs einer dichteren Flüssigkeit zur dünneren zeigt uns das oben (S. 40) hervorgehobene Beispiel, in welchem durch die Blase Wasser zum Weingeist geht. Noch auffallender wird dies in Liebig's schönem Versuch, durch welchen er Hales' Lehre von dem Einfluß der Verdunstung auf das Aufsteigen der Säfte erweitert hat: durch Indigo gefärbtes Salzwasser hebt sich in Folge der Verdunstung, entgegen dem endosmotischen Aequivalent, zum reinen Wasser hinauf. Der Versuch gelang mir sehr schön auch mit einer lazurblauen ammoniakalischen Kupferlösung, die leichter zubereitet wird.

Und wie mächtig wirkt nicht diese Verdunstung von der Oberfläche des thierischen Körpers! Auch hier ist dieselbe wie ein mittelbarer Druck zu betrachten, der den dichteren Speisesaft des Darminhalts in die Gefäße der Darmwand hinaustreibt. Wenn man auch auf Chossat's Angabe, daß das Blut hungernder Thiere verdünnter sei, kein allzu großes Gewicht legen darf, weil sie nur auf Schätzung beruht, so ist doch dieser Punkt durch H. Nasse's Beobachtungen ermittelt, und es läßt sich schwerlich annehmen, daß der Chylus bei der Ernährung gewöhnlich verdünnt werde, wenn man auch die Möglichkeit für einzelne, von der Beschaffenheit der Nahrung abhängige Fälle natürlich nicht läugnen kann. Tiedemann und Gmelin haben beide Möglichkeiten beobachtet [2]). Nach H. Nasse wird beim Fasten ein sehr wässeriger Chylus gebildet [3]).

In Folge des Stoffwechsels verarmt das Blut in seinen wesentlichsten Bestandtheilen, und diese werden ihm zugeführt, indem die Adern und Chylusgefäße dem Darminhalt Lösungen entziehen, die

---

1) Vgl. H. Nasse, Art. Chylus in Rud. Wagner's Handwörterbuch, S. 225.

2) Nasse, ebendaselbst S. 236, 237.

3) A. a. O. S. 249.

das Blut und den Chylus der Gefäße an Dichtigkeit übertreffen. Nach Lehmann wird das Blut während der Verdauung reicher an festen Bestandtheilen [1]). Auch hier leistet die Endosmose im Bunde mit der Verdunstung, was sie allein nicht bewirken könnte [2]).

Ueber die Art und die Mengenverhältnisse der Stoffe, in deren Aufnahme sich die Chylusgefäße und Adern des Verdauungskanals theilen, besitzen wir erst sehr vereinzelte Aufschlüsse. Nach Bouchardat und Sandras soll der Zucker nur in die Adern, nicht in die Chylusgefäße übergehen. Wir werden aber unten sehen, daß auch in den Chylusgefäßen Zucker auftreten kann. Hewson und Thomson fanden einige Stunden nach genossener Nahrung das Blutserum durch reichlichen Fettgehalt milchig getrübt. Es kann aber dieses Fett aus den Chylusgefäßen, die jedenfalls die Hauptmenge aufnehmen, in das Blut gelangt sein. Autenrieth hat jene Angabe bestätigt, Nasse [3]) und Lehmann [4]) dagegen nicht. Wachs geht nach Bouchardat und Sandras in geringer Menge in die Chylusgefäße über. Nach Fr. Ch. Schmid nimmt der Eiweißgehalt des Pfortaderbluts während der Verdauung zu. Eiweiß und Zucker werden also bestimmt auch von den Adern aufgenommen. Es ist überhaupt mehr als wahrscheinlich, daß alle gelöste Nahrungsstoffe die Wand der Chylusgefäße und die der Adern beide durchsetzen, wenn auch das endosmotische Aequivalent der einzelnen Stoffe im Verhältniß zu beiden Membranen verschieden sein mag.

Lösliche Fettbildner, soweit sie bereits im Magen vorhanden sind, gelangen nur zu einem kleinen Theil in den Dünndarm. Schon im Magen werden sie von den Adern aufgenommen (Frerichs). Wenn man trotzdem nach der Fütterung mit Stärkmehl im ganzen Darme Zucker zu finden pflegt, so rührt dieß daher, daß der Bauchspeichel wieder neue Mengen der Stärke in Zucker verwandelt. Die weitere Umsetzung des Zuckers erfolgt langsamer als die Bildung von

---

1) Lehmann, phys. Chemie, Bd. II, S. 251.

2) Vgl. oben die Aufnahme von Säften durch die Pflanzenwurzel, S. 48.

3) Nasse, Art. Blut in R. Wagner's Handwörterbuch S. 126.

4) Lehmann, a. a. O. S. 236.

Zucker aus Dextrin. Letztere Umwandlungsstufe konnte Frerichs im Darmkanal nicht ereilen.

Die Menge der anorganischen Bestandtheile ist in dem Inhalt des Darms kleiner als in dem des Magens. Besonders die Erden haben merklich abgenommen. Demnach tritt ein großer Theil der anorganischen Nahrungsstoffe schon im Magen in die Chylus- und Blutgefäße hinüber[1]).

---

1) Frerichs, a. a. O. S. 857

Kap. III.

Der Chylus.

§. 1.

Eine meiſt ſchwach alkaliſche, ſeltner neutrale, ſamenartig riechende, bald durchſichtig-opaliſirende, bald milchweiße Flüſſigkeit wird in den Chylusgefäßen vom Darmkanal der Blutbahn zugeleitet. Dieſer aus den Nahrungsmitteln entſtandene Speiſeſaft oder Chylus gelangt mit Lymphe vermiſcht in den Milchbruſtgang, der ſelbſt an der Stelle in das Syſtem der Adern zu münden pflegt, an welcher ſich die gemeinſchaftliche Droſſelader mit der Unterſchlüſſelbeinader der linken Seite vereinigt.

Bei Fiſchen, Amphibien und Vögeln pflegt der Speiſeſaft farblos und durchſichtig zu ſein. Während er bei Katzen von H. Naſſe am vollſtändigſten milchweiß gefunden wurde, führen Pferde nach der Ausſage von J. Müller, Gurlt und Anderen den röthlichſten Chylus. Tiedemann und Gmelin bemerkten wenig Unterſchied in dem Speiſeſaft von Pferden, Hunden und Schaafen, den der letztgenannten Thiere fanden ſie jedoch am ſeltenſten röthlich.

In die Zuſammenſetzung des Chylus geht am reichlichſten das thieriſche Eiweiß ein, das beim Blut genauer beſchrieben werden ſoll. Hier ſei nur erwähnt, daß das Eiweiß des Chylus durch Siedhitze in minder feſten Flocken gerinnt. Weil nun außerdem der Chylus, mit Eſſigſäure verſetzt, ſich trübt, ſo hat ſchon Naſſe[1]) vermuthet, daß das Eiweiß an Natron gebunden das ſogenante Natronalbuminat im

1) H. Naſſe in ſeiner vortrefflichen, gründlichen Abhandlung über den Chylus in Rud. Wagner's Handwörterbuch S. 231.

Chylus darstellen möchte. Dies hat Lehmann[1]) für den Chylus des Milchbrustgangs der Pferde bestätigt. Dem entspricht es denn, daß der Chylus beim Abdampfen an seiner Oberfläche gerunzelte Häute bildet, und daß das Eiweiß desselben in viel festeren Flocken gerinnt, wenn die Lösung vor dem Erhitzen mit etwas Kochsalz oder Salmiak versetzt wird (Vgl. unten Eiweiß des Bluts). Lehmann fand in dem gut ausgewaschenen Eiweiß des Chylus 2,07 Procent Asche, die reich war an kohlensauren Alkalien.

Die mittlere Menge des nur noch mit Kalk verunreinigten Eiweißes im Pferdechylus beträgt 31,3 in 1000 Theilen (Tiedemann und Gmelin).

Ein zweiter eiweißartiger Körper des Chylus, der von selbst gerinnt, sowie der Speisesaft aus den Gefäßen ausgeflossen ist, wird als Faserstoff bezeichnet, dessen genauere Beschreibung ebenfalls dem Kapitel vom Blut angehören soll. Für den Faserstoff des Chylus ist es eigenthümlich, daß er bei der Gerinnung an der Luft, ähnlich wie das Eiweiß beim Kochen, in der Regel weniger fest wird. Nasse hat jedoch im Katzenchylus einen sehr festen Faserstoff beobachtet, der sich sogar stärker zusammenzog als der Faserstoff des Katzenbluts[2]). Marcet sah, wie sich der Faserstoff des Chylus einige Stunden nach der Gerinnung wieder auflöste. Dies erfolgt um so leichter, wenn der ausgeschiedene Kuchen mit verdünnten Alkalien, Säuren, oder wenn er mit neutralen Alkalisalzen behandelt wird. — Auch der Faserstoff des Chylus ist reich an Asche; Lehmann fand in demselben 1,77 Procent. Die Asche war stark alkalisch.

Die Menge des Faserstoffs im Chylus beträgt im Mittel aus 16 Bestimmungen von Leuret und Lassaigne, Tiedemann und Gmelin, Prout, Rees, Simon und H. Nasse an Hunden, Katzen, Pferden, Eseln und Schaafen 3,14 in tausend Theilen. Uebrigens war der Faserstoff immer mit Fett und Chyluskörperchen verunreinigt. Weil sich der Faserstoff selbst so leicht wieder auflöst, so lassen sich namentlich die letzteren nicht leicht entfernen.

Es ist für die Chyluskörperchen eigenthümlich, daß sie sich nur langsam senken. Andererseits kennt man kein Mittel, dieselben durchs

---

1) Lehrbuch der physiologischen Chemie, 2. Auflage, Bd. II, S. 275.

2) Nasse a. a. O. S. 231.

Filter von der Flüſſigkeit zu trennen. So werden denn die Chyluskörperchen zum Theil in den Faſerſtoffkuchen eingeſchloſſen, zum Theil aber trüben ſie immer die über dieſem ſtehende Flüſſigkeit, das Chylusſerum. Daher ſind auch die Eiweißflocken, die man durch Siedhitze ausſcheidet, immer mit Körperchen vermiſcht.

§. 2.

In dem Speiſeſaft iſt ein ſchmieriges nicht kryſtalliſirbares Fett enthalten, welches zu einem großen Theil den Chyluskörperchen angehört. Schon Naſſe hat berichtet, daß beinahe all dieſes Fett neutral und nur von einer geringen Menge fettſaurer Alkalien begleitet iſt[1]). Dies wurde ſeither durch chemiſche und mikroſkopiſche Analyſe mannigfach beſtätigt.

Schon in der Lehre der Verdauung habe ich erörtert, daß das Vorkommen neutraler Fette im Chylus durchaus nicht beweiſen kann, daß dieſelben nicht als Seifen aufgenommen wurden. Man müßte ſich denn auch bewogen fühlen, die neutralen Fette der Gewebe umgekehrt als einen Beweis gegen die Seifen des Bluts zu betrachten. Die fettſauren Alkalien treten in den Chylusgefäßen höchſt wahrſcheinlich ihr Alkali an das Eiweiß ab. Ihre Säuren verbinden ſich aber mit dem aufgenommenen Glycerin zu neutralen Fetten.

Im Mittel aus 6 Unterſuchungen, die Tiedemann und Gmelin, Schultz, Rees, Simon und Naſſe bei Pferden, dem Eſel und der Katze vorgenommen haben, beträgt das Fett 17,53 Tauſendſtel des Chylus.

§. 3.

Unter den anorganiſchen Beſtandtheilen des Chylus herrſcht das Chlornatrium vor. An das Kochſalz ſchließen ſich zunächſt die kohlenſauren und phosphorſauren Alkalien und das Chlorkalium. Schwefelſaure Salze findet man in der Aſche nur als Ergebniß der Verbrennung der Eiweißſtoffe. Die Erdſalze haben das Uebergewicht über das Eiſen, das nur in Spuren gefunden wurde.

1) H. Naſſe a. a. O. S. 234.

Sämmtliche Salze betragen im Chylus des Esels nach Rees 7,11 in tausend Theilen. Als Mittel für die alkalischen Salze ergeben sich aus den Untersuchungen von Marcet, Prout, Simon und Nasse bei Hunden, Katzen und Pferden 7,93, für die Erdsalze nach drei Bestimmungen bei dem Pferd und der Katze 1,49 (Tiedemann und Gmelin, Simon, Nasse).

Was endlich den Wassergehalt betrifft, so ist die Durchschnittszahl aus 21 Analysen bei Pferden, Eseln, Schaafen, Hunden, Katzen 928,96 in 1000 Th. (Reuß und Emmert, Tiedemann und Gmelin, Prout, Rees, Simon, Nasse). Die niederste Zahl 892 fand Prout beim Hunde, die höchste 974 erhielten Tiedemann und Gmelin beim Schaafe, woraus hervorgeht, daß der Wassergehalt des Chylus um 82 Tausendstel schwanken kann.

§. 4.

Aus der unmittelbaren Beziehung, in welcher der Inhalt der Chylusgefäße zu den Nahrungsmitteln steht, erklärt es sich, warum der Speisesaft in seiner Zusammensetzung größere Verschiedenheit zeigt, als irgend eine Flüssigkeit des thierischen Körpers. Darum haben schon Leuret und Lassaigne gelehrt, daß die Mischung des Chylus weit mehr abhängt von der Beschaffenheit der Nahrung als von der Art des Thiers.

Die meisten festen Bestandtheile führt der Chylus der Fleischfresser, die wenigsten der Chylus der Schaafe. Und daß dies wirklich von der Nahrung, nicht von der Thierart abhängt, ersieht man daraus, daß für ein und dasselbe Thier bei thierischer Kost der Kuchen zum Serum als mittleres Verhältniß 1 : 10, bei Pflanzenkost dagegen 1 : 15 zeigt (Marcet und Prout).[1]). Aus diesen Zahlen folgt, daß sich die Vermehrung vorzugsweise auf den Faserstoff und die Chyluskörperchen bezieht, die beide im Kuchen enthalten sind, also auf die Eiweißkörper und Fette. Natürlich hat die Bestimmung des Verhältnisses vom Kuchen zum Serum nur einen annähernden Werth

1) Vgl. H. Nasse, a. a. O. S. 238, dessen Zahlen ich auf die Einheit bezogen habe. Die Rechnung ergiebt eigentlich für den ersten Fall 1 : 9,87, für den zweiten 1 : 14,86.

für die Beurtheilung der Menge der festen Bestandtheile. Wenn Krimer das Gegentheil gefunden hat, so kann dies von der gleichzeitig genossenen Wassermenge bedingt sein. Es darf uns aber diese Abweichung von Marcet's und Prout's Ergebniß um so weniger irren, da Lehmann auch für das Blut die Vermehrung des Faserstoffs durch eiweißreiche Nahrung bewiesen hat.

Nach der Fütterung mit Stärkmehl sahen Tiedemann und Gmelin zuerst Zucker im Chylus eines Hundes auftreten. Bouisson, Lehmann und Andere haben diese Thatsache bestätigt, und der letztgenannte Forscher hat dieselbe dahin erweitert, daß nach reichlichem Genuß von stärkmehlartigen Nahrungsstoffen milchsaure Salze im Speisesaft auftreten [1]). Es verdient Beachtung, daß schon Rees die organische Säure, die im Chylus vorkommt, als Milchsäure bezeichnete [2]).

Fettreiche Nahrung vermehrt auch den Fettgehalt des Chylus. Daher haben Tiedemann und Gmelin und andere Forscher den Fettgehalt des Speisesafts häufig nach thierischer Kost größer gefunden als nach pflanzlicher Nahrung. Bousfingault und Lenz haben jedoch nachgewiesen, daß in einer gegebenen Zeit die Aufnahme des Fetts eine bestimmte Grenze nicht überschreiten kann.

In den großen Schwankungen, die der Chylus im Wassergehalt zeigt, giebt sich deutlich der Einfluß der Nahrungsmittel kund. Nach H. Nasse wird bei hungernden Thieren ein sehr wässeriger Chylus gebildet, während dieser bei nahrhafter, reicher Kost weißer und dicker ist [3]). Oben habe ich bereits angeführt, daß nach Tiedemann's und Gmelin's Versuchen der Chylus bisweilen durch die aufgenommene Nahrung verdünnt wird. Wenn man das Mittel des Wassergehalts im Chylus dreier nüchterner Pferde (939,7) mit dem Mittel vergleicht, das drei mit Hafer gefütterte Pferde ergaben (944,8), dann scheint dies sogar nicht allzu selten der Fall zu sein.

---

1) Lehmann, physiologische Chemie, 2te Auflage, Bd. I. S. 100, Bd. II. S. 277.

2) H. Nasse, a. a. O. S. 232.

3) A. a. O. S. 237, 249.

§. 5.

Von dem Augenblick an, in welchem der Speisesaft aus dem Darm in die Chylusgefäße übergeht, ist seine Entwicklung keineswegs beendigt. Auf dem Wege von der Darmwand bis ins Blut unterliegt er sogar fortwährender Veränderung.

Dahin gehört zunächst eine allmälige Vermehrung des Eiweißes und des Faserstoffs. Prout, Reuß und Emmert, Tiedemann und Gmelin fanden mehr Eiweiß und namentlich mehr Faserstoff in dem Inhalt des Milchbrustgangs als in dem Speisesaft der Chylusgefäße des Darms. Aus diesem Grunde gerinnt der Chylus nur unvollkommen, bevor er durch die sogenannten Gekrösdrüsen hindurchgetreten ist. Entwicklung des Faserstoffs aus einer anderen eiweißartigen Verbindung ist ein Hauptmoment in der fortschreitenden Verwandlung des Speisesafts.

Mit der Vermehrung des Eiweißes hängt eine andere Umsetzung innig zusammen. Die Vermehrung des Eiweißes ist nämlich nach Nasse nur eine Zunahme des freien Eiweißes und beruht auf der Zerlegung des Natronalbuminats, dessen Alkali die neutralen Fette des Chylus verseift. Denn darin besteht eine zweite Hauptumwandlung des Chylus, daß sich die neutralen Fette immer mehr verseifen. Die Speisesaftgefäße des Darms enthalten viel freies Fett und wenig Seife; im Milchbrustgang ist das Verhältniß umgekehrt.

Dabei nimmt die Menge des Fetts im Chylusserum ab, indem sich dieses der Blutbahn nähert. Mit Lehmann läßt sich annehmen, daß diese Verminderung durch die Bildung der Chyluskörperchen herbeigeführt wird. Schon die ersten feinen Molecüle, welche H. Müller in den Anfängen der Speisesaftgefäße wahrnahm, bestehen aus Fett und einer eiweißartigen Hülle. Dieses Fett allein bedingt die milchige Beschaffenheit des Chylus nach der Verdauung. Wenn man das Fett durch Aether wegnimmt, wird der Speisesaft durchsichtig, opalisirend. Neben jenen feinsten Molecülen finden sich größere Körnchen; diese werden durch einen Bindestoff zu kleinen Häufchen vereinigt, in denen Kerne auftreten. Das vollendete Chyluskörperchen ist blaß, weißlich, mattglänzend, feinkörnig, mit Einem oder mit mehren Kernen versehen. Aus dieser Entwicklungsgeschichte und aus der von H. Müller am gründlichsten vorgenommenen mikroskopischen Prüfung der ausgebildeten Zellen ergiebt sich, daß die Chyluskörper-

chen außerordentlich reich sind an Fett [1]). Zur Zeit der Verdauung wird die Anzahl dieser Körperchen bedeutend vermehrt.

Die sehr wichtige Frage, ob die Bildung des rothen Farbstoffs des Bluts bereits im Chylus beginnt, harrt immer noch einer allem Zweifel überhobenen Entscheidung. Daß rothe Blutkörperchen auch im Speisesaft auftreten, namentlich nachdem die Chylusgefäße durch die mesaraischen Knoten hindurchgetreten sind und nachdem sich die Lymphe der Milz mit dem Chylus vermischt hat, darüber sind die verschiedensten Forscher einig (Schultz, Arnold, Valentin, Simon, Bouisson und viele Andere). Arnold und Bouisson sehen diese Blutkörperchen als im Speisesaft neu entstandene an und verlegen den Ort der Farbstoffbildung in die Chylusgefäße.

Für diese Annahme spricht erstens, daß der Chylus von den sogenannten mesaraischen Drüsen bis zur Einmündungsstelle des Milchbrustgangs in die Adern immer röther wird (Reuß und Emmert, Vauquelin, Prout, Seiler Schultz). Zweitens sahen Reuß und Emmert, Krimer, Seiler den Speisesaft, selbst wenn er vorher farblos war, an der Luft immer röther werden. Drittens beobachtete Elsner, daß der Chylus sich röthet im unterbundenen Milchbrustgang.

Der zuletzt genannte Grund ist besonders wichtig. Seit Fohmann, Lauth und Panizza Verbindungen zwischen den Chylusgefäßen und den Adern im Gekröse entdeckt hatten, und seit Gerber beim Pferd, das den rötheſten Chylus im Milchbrustgang führt, solche Einmündungen von Chylusgefäßen in die Adern genauer beschrieb, hat man nämlich vielfach alle rothe Blutkörperchen des Speisesafts für Eindringlinge aus den Blutgefäßen erklärt. Daß sie es theilweise sind, da die Chylusgefäße sich zu jenen Adern oft als Aspiratoren verhalten, läßt sich nicht bezweifeln. Elsner's Versuch beweist aber, daß ein Theil jener farbigen Blutkörperchen seine Bildungsstätte im Chylus hat. Nasse's Beobachtung, die einen negativen Erfolg hatte, läßt sich leicht so erklären, daß der Chylus sich nicht auf der richtigen Entwicklungsstufe befand, und das scheint mir auch von den Fällen zu gelten, in welchen so ansehnliche Forscher, wie J. Müller, die Röthung des Chylus an der Luft nicht beobachten konnten.

---

1) Vgl. H. Müller in Henle und Pfeufer, Zeitschrift für rationelle Medicin, III. S. 204 und folg.

Pflanzenfresser müssen den Farbstoff, der aus Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Eisen besteht, aus Eiweißkörpern und Eisen bilden können. Es sind aber im Chylus alle Bedingungen erfüllt, damit diese Bildung schon hier ihren Anfang nehme. Daß im Speisesaft nicht aller Farbstoff gebildet wird, versteht sich von selbst.

Bouisson will es beobachtet haben, daß sich farblose Chyluskörperchen röthen an der Luft. Es wäre also möglich, daß der Farbstoff sich theilweise in den Körperchen entwickelt. Nach Emmert haftet aber der rothe Farbstoff vorzugsweise am Faserstoff und läßt sich in Wasser lösen. Deshalb neige ich mich zu der Ansicht, daß der im Chylus sich bildende Farbstoff von den Körperchen durch Endosmose aufgenommen wird. Dagegen darf ich freilich nicht unerwähnt lassen, daß Lehmann[1]) im Chylus des Milchbrustgangs von Pferden keinen gelösten Blutfarbstoff auffinden konnte. Auch dieses negative Ergebniß müßte durch den Zeitraum der Entwicklung zu erklären sein.

Aus dem Obigen ergiebt sich, daß der Speisesaft dem Blute immer ähnlicher wird durch die Vermehrung des Eiweißes und des Faserstoffs, durch die Verseifung des Fetts und durch die beginnende Bildung des Blutroths.

---

1) A. a. O. Bd. II. S. 290.

Kap. IV.

Das Blut.

§. 1.

Wenn im Chylus die farbloſen Körperchen noch über die farbigen vorherrſchen, ſo übertrifft im Blut die Zahl dieſer Abkömmlinge die Menge jener Mutterzellen bereits bedeutend. Daher kommt es denn, daß die Angaben über die ſtoffliche Miſchung der Blutkörperchen ſich beinahe ſämmtlich auf die farbigen beziehen.

Das Blut, eine alkaliſche, hell kirſchrothe bis heidelbeerfarbige Flüſſigkeit, in welcher die genannten Körperchen ſchweben, iſt das vollendete Ergebniß der Verdauung, die man weſentlich als Blutbildung zu faſſen hat. Indem dieſe Flüſſigkeit in den Gefäßen allen Geweben des Körpers zuſtrömt, und zwar in Gefäßen deren Oeffnung immer enger, deren Wände immer dünner werden, treten durch Endosmoſe die verſchiedenſten Stoffe in die Gewebe hinüber. Deshalb iſt das Blut der Mutterſaft aller Werkzeuge des Körpers, die Blutflüſſigkeit iſt die Mutterlauge, aus der ſich alle Grundformen, alle Zellen und Faſern entwickeln. Darum habe ich oben die weſentlichen Beſtandtheile des Bluts und die allgemein verbreiteten Beſtandtheile des thieriſchen Körpers als gleichbedeutend hingeſtellt.

In dem Blut finden wir die Eiweißkörper, die Fette, einen Fettbildner und die anorganiſchen Nahrungsſtoffe der Nahrungsmittel wieder. Weil ich das Blut als Erzeugniß der Entwicklung der Nahrungsſtoffe betrachten will, ſo ſind mit jener Eintheilung der Nahrungsſtoffe auch die Klaſſen der Blutbeſtandtheile gegeben.

§. 2.

Als Urbild der Eiweißkörper galt von jeher neben dem Eiweiß des Hühnereis das Eiweiß des Bluts. In dem erſten Buch, bei der

Besprechung der eiweißartigen Verbindungen der Pflanzen, sind die Gründe entwickelt, warum die Wissenschaft bis jetzt keine Formeln für die Eiweißstoffe zu geben vermag. Wenn ich daher hier an den Ausdruck $N^5 C^{40} H^{30} O^{12}$ erinnere, durch welchen Mulder früher das Verhältniß des Stickstoffs, Kohlenstoffs, Wasserstoffs und Sauerstoffs in den Eiweißkörpern bezeichnete, so geschieht es bloß, um mit demselben die Zusammensetzung der hierher gehörigen Verbindungen des Bluts, so weit es nöthig ist, zu vergleichen. Die Aequivalentzahlen der vier genannten Grundstoffe sind in jener Formel für das Eiweiß richtig ausgedrückt. Mulder und Rüling fanden außerdem im Eiweiß des Bluts 1,3 Procent Schwefel. Der Phosphorgehalt beträgt nach einer älteren Bestimmung Mulder's 0,3 Procent.

Es scheinen jedoch immer anorganische Bestandtheile zur eigentlichen Constitution des Eiweißes zu gehören. Nur mit dieser Annahme läßt sich der stets so große Gehalt an phosphorsaurem Kalk und an Kochsalz erklären, die dem Eiweiß zwar in wechselnder Menge, aber doch so hartnäckig anhängen, daß man das Kalksalz durch Säuren, das Kochsalz durch Wasser nur schwer entfernen kann. Aus diesem Grunde habe ich oben bereits das Eiweiß als ein Mittel bezeichnet, den phosphorsauren Kalk des Bluts gelöst zu erhalten.

Ein ziemlich beträchtlicher Theil des Eiweißes steht zum Natron im Blut in dem Verhältniß einer schwachen Säure. Es bildet mit dem Natron ein Salz, das sehr viele Eigenthümkeiten der Blutflüssigkeit bedingt.

Wie das lösliche Pflanzeneiweiß, so ist auch das Eiweiß des Bluts in Wasser löslich. Beim Erwärmen zeigt es dieselben Gerinnungserscheinungen [1]). Durch verdünnten Alkohol wird es zwar aus seiner Lösung gefällt, jedoch ohne in den geronnenen Zustand überzugehen, d. h. es ist nachher wieder in Wasser löslich. Mit starkem Alkohol versetzt gerinnt das Eiweiß des Bluts.

Daß das Eiweiß des Bluts durch organische Säuren, mit Ausnahme der Gerbsäure, nicht gefällt wird durch anorganische Säuren, mit Ausnahme der gewöhnlichen Phosphorsäure, dahingegen wohl,

1) Vgl. oben S. 92 und S. 77, wo die allgemeinen Eigenschaften der eiweißartigen Stoffe angegeben sind, die hier natürlich nicht wiederholt werden.

iſt eine Eigenſchaft, durch welche es ſich ebenfalls an das Pflanzeneiweiß anſchließt.

Ein Theil des Eiweißes, der mit Natron zu dem ſogenannten Natronalbuminat verbunden iſt, gerinnt beim Erwärmen des Blutwaſſers nicht in Flocken, ſondern in gerunzelten, oft ziemlich derben, wenn auch mehr oder weniger durchſichtigen Häuten, die ſich an der Oberfläche, nachdem man die zuerſt gebildeten weggenommen hat, mehrmals erneuern (Scherer). Dieſes Natronalbuminat iſt in Waſſer viel löslicher als das gewöhnliche Eiweiß. Darin liegt der Grund, weshalb beim einfachen Kochen des Blutwaſſers in der Regel noch etwas, und zwar häufig ziemlich viel Eiweiß im Blutwaſſer gelöſt bleibt, das indeß in der Wärme gerinnt, ſo wie man das Alkali durch ein paar Tropfen Eſſigſäure vom Eiweiß trennt. Das Natronalbuminat läßt ſich aber leicht in dichten Flocken als ſolches ausſcheiden, wenn man das Blutwaſſer vor dem Kochen mit einer hinlänglichen Menge Kochſalz, Salmiak oder Glauberſalz verſetzt [1]).

Durch Kochen verliert das Eiweiß einen Theil ſeines Schwefels, das Natronalbuminat einen Theil ſeines Alkalis. Deshalb iſt das Blutwaſſer nach dem Kochen ſtärker alkaliſch als vorher.

Aus dem Blutwaſſer läßt ſich das Eiweiß gewinnen, wenn man es nach dem Zuſatz von Kochſalz bis zu 90° erwärmt und den geronnenen Körper mit verdünnter Salzſäure wäſcht. Dabei entſteht eine ſalzſaure Verbindung, die man in Waſſer löſen und in größerer Reinheit aus der Löſung durch kohlenſaures Ammoniak fällen kann. Den Niederſchlag wäſcht man mit Waſſer, Alkohol und Aether.

In 1000 Theilen Menſchenblut beträgt die mittlere Eiweißmenge nach zahlreichen Beſtimmungen 71,38 (Dénis, Lecanu, Berthold, Richardſon, Simon, Becquerel und Rodier [2]).

§. 3.

Ein Körper, der zwar in weit geringerer Menge als das Eiweiß im Blut enthalten iſt, trotzdem aber einen der weſentlichſten

---

1) Vgl. Lehmann (a. a. O. I. S. 342), der ohne Zweifel die Eigenſchaften der einzelnen eiweißartigen Körper am gründlichſten erörtert hat.

2) Häfer, über den gegenwärtigen Standpunkt der pathologiſchen Chemie des Bluts, Jena 1846. S. 11.

Stoffe deſſelben darſtellt, iſt der Faserſtoff. Hinſichtlich der Zuſammenſetzung unterſcheidet er ſich durch ſeinen größeren Sauerſtoffgehalt vom Eiweiß, und dieſe Vermehrung des Sauerſtoffs ſcheint nach Mulder's Zahlen auf Koſten des Kohlenſtoffs ſtattzufinden. Mulder fand im Faserſtoff 1,2 Procent Schwefel, Rüling 1,32, Verdeil 1,59. Da das Eiweiß des Bluts 1,3, das des Hühnereis dagegen nach den neueſten Analyſen 1,6 Procent Schwefel enthält, ſo möchte man jene Verſchiedenheit in den Zahlen für den Schwefel des Faserſtoffs beinahe von Abarten deſſelben herleiten, wenn man nicht wüßte, daß der Faserſtoff regelmäßig mit den Hüllen von Blutkörperchen verunreinigt iſt, deren Menge natürlich wechſelt. Hundert Theile Faserſtoff enthalten 0,3 Phosphor (Mulder).

Ebenſo wie das Eiweiß enthält der Faserſtoff viel phosphorſauren Kalk, deſſen Menge nach Mulder ſogar 1,7 Procent betragen kann.

Weil dieſer eiweißartige Körper, beſonders beim heftigen Umrühren des Bluts oder wenn man dieſes in ſehr dünnen Schichten ausgebreitet hat, in Faſern gerinnt, heißt er Faserſtoff. Und dieſe Gerinnung, die ohne Zuſatz anderer Stoffe ſtattfindet, wenn das Blut dem Kreislauf entzogen wird, möge dies innerhalb oder außerhalb des Körpers geſchehen, iſt des Faserſtoffs hervorragendſte Eigenſchaft.

In ſeiner Löſung kennen wir den Faserſtoff einigermaaßen durch J. Müller, der Froſchblut mit Zuckerwaſſer ſo filtriren lehrte, daß die großen elliptiſchen Blutkörperchen auf dem Filter bleiben, während die Löſung des Eiweißes und der Salze, die auch den Faserſtoff enthält, durchgeht. Aus dieſer Löſung wird der Faserſtoff durch Eſſigſäure ebenſo wenig wie das Eiweiß gefällt.

Der friſch geronnene Faserſtoff enthält ſeine Elemente in einem ſehr beweglichen Zuſtande, er wird leicht zerſetzt, und die Entdeckung von Berzelius, daß er Waſſerſtoffhyperoxyd zerlegt, iſt ein Ausdruck dieſer Eigenthümlichkeit, die durch das Kochen des Faserſtoffs verloren geht.

Uebrigens läßt ſich der geronnene Faserſtoff von anderen unlöslichen Eiweißkörpern nicht unterſcheiden. In Mulder's Angabe, daß der Faserſtoff mit ſtarker Salzſäure eine indigoblaue, das Eiweiß dagegen eine violette oder mehr dem Purpur ähnliche Farbe erzeuge, fand ich bei meinen Beobachtungen an ſorgfältig gereinigten Stoffen

durchaus kein scharfes Mittel zur Unterscheidung. Auch reiner Faserstoff wird bisweilen violett und das Eiweiß wenigstens so blau, daß man nach diesen Färbungen die beiden Eiweißkörper nicht wiedererkennt.

Man gewinnt den Faserstoff in größerer Menge am reinsten, wenn man das aus der Ader geflossene Blut sich selbst überläßt. Weil dann der gerinnende Faserstoff die Blutkörperchen einschließt, senkt sich im Gefäß ein rother Kuchen, über dem eine gelbliche Flüssigkeit, das Blutwasser oder Blutserum, steht. Der Kuchen wird zerschnitten und bis zum völligen Verschwinden der rothen Farbe mit Wasser ausgewaschen. Der so bereitete Faserstoff enthält weniger Körperchen beigemengt als der durch Schlagen gewonnene. Er wird nachträglich durch schwefelsäurehaltigen Alkohol, unvermischten Alkohol und Aether gereinigt.

Aus den Zahlen von Dénis, Simon Nasse, Becquerel und Rodier berechnete Häser als arithmetisches Mittel des Faserstoffgehalts in 1000 Theilen Menschenblut 2,27 [1]).

§. 4.

Daran daß der Faserstoff im kreisenden Blute wirklich gelöst sei und nicht aus dem Platzen der Blutkörperchen oder dem Aneinanderlegen sonstiger im Blute schwebender Molecüle hervorgehe, ist wohl seit jenem Versuch J. Müller's, der die Blutkörperchen von der gerinnenden Blutflüssigkeit trennte, nicht mehr ernstlich gezweifelt worden. Freilich könnten die Hüllen der Blutkörperchen trotzdem auch Faserstoff enthalten oder gar aus Faserstoff bestehen. Die letztere Ansicht wird neuerdings von Hlasiwetz, einem tüchtigen Chemiker, vertreten, jedoch ohne daß dieser überzeugende Beweisgründe für dieselbe beigebracht hätte [2]). In diesem Augenblick ist der Stoff der Hüllen der Blutkörperchen nicht mit Sicherheit charakterisirt [3]).

Wenn nun feststeht, daß jedenfalls der größte Theil des Faserstoffs im Blut, das den lebenden Körper durchströmt, gelöst ist, so

1) Häser, a. a. O. S. 12.

2) Hlasiwetz, in Prager Vierteljahrschrift, 1850, Bd. IV. S. 11.

3) Vgl. Lehmann, a. a. O. Bd. II, S. 174.

thut ſich von ſelbſt die Frage auf, welche Veränderung der Conſtitution des Faſerſtoffs die Gerinnung bedingt. Die chemiſche Zuſammenſetzung des ungeronnenen Faſerſtoffs iſt nicht erforſcht. Eine veränderte Conſtitution iſt daher nur in den verſchiedenen Verbindungen geſucht worden, in denen der Faſerſtoff vor und nach der Gerinnung enthalten ſei.

So vermuthete Dénis, daß der Faſerſtoff im kreiſenden Blut durch kauſtiſches Alkali gelöſt erhalten werde. Das aus der Ader gefloſſene Blut ſollte ſo viel Kohlenſäure aufnehmen, daß der Faſerſtoff aus jener Verbindung getrennt und zur Gerinnung gebracht werde. Ja, Dénis ging ſo weit, die ganze Faſerſtoffmenge als Natronalbuminat zu betrachten, das durch jene Kohlenſäure zerlegt ſei. Wäre dieſe Anſchauung richtig, dann müßte das Blut der Adern, welches mehr Kohlenſäure enthält, als das Blut der Schlagadern, dieſes an Gerinnbarkeit übertreffen, was nicht der Fall iſt. Naſſe hat denn auch die Vorſtellung von Dénis auf das Schlagendſte widerlegt, indem er darauf aufmerkſam machte, daß man, wenn jene Anſicht richtig wäre, willkürlich die Menge des Faſerſtoffs durch einen größeren oder geringeren Zuſatz des Fällungsmittels müßte vermehren und vermindern können, während doch die Menge des Faſerſtoffs eine ziemlich beſtändige iſt [1]).

Wir begegnen denn auch hier einem Beiſpiel, das ſich in ähnlichen Fällen oft in der Wiſſenſchaft wiederholt, daß nämlich die gerade entgegengeſetzte Anſicht auch ihren Vertreter gefunden hat. Scudamore meinte, das Entweichen der Kohlenſäure ſei die Urſache der Gerinnung. Das Blut nimmt jedoch Kohlenſäure auf, ſtatt dieſelbe zu verlieren. Somit bedarf Scudamore's Meinung gar keiner weiteren Beurtheilung.

Für den Chemiker ſteht es längſt feſt, daß in dieſem Augenblick jeder Verſuch die Gerinnung des Bluts aus einer beſtimmten Veränderung in der Conſtitution des Faſerſtoffs zu erklären, ſcheitern muß an dem für jetzt nicht auszufüllenden Mangel an Thatſachen, die uns dabei leiten könnten.

---

1) Vgl. H. Naſſe, deſſen Artikel in R. Wagner's Handwörterbuch (1842) in phyſiologiſcher Beziehung auch jetzt noch die erſchöpfendſte Abhandlung iſt, welche die Wiſſenſchaft über das Blut beſitzt, a. a. O. S. 158.

Nur die veränderte Constitution würde indeß als Ursache der Gerinnung des Faserstoffs betrachtet werden dürfen. Da wir eine solche nicht kennen, so ist auch bisher die Ursache der Gerinnung durchaus unbekannt.

§. 5.

Desto eifriger war man bemüht, den Bedingungen nachzuspüren, welche die Gerinnung des Bluts befördern. Und wie gewöhnlich, beinahe jede dieser Bedingungen hat das Mißgeschick gehabt mit der, Ursache verwechselt zu werden.

Geschichtlich verdient es Erwähnung, daß Hippocrates bereits eine Ansicht über die Gerinnung des Faserstoffs aufstellte. Er hielt die Abkühlung des Bluts für die Ursache der Gerinnung, und Galen und Hoffmann stimmten ihm bei.

Allein es ist soweit davon entfernt, daß die Abkühlung als Ursache der Gerinnung betrachtet werden dürfte, daß sie nicht einmal eine begünstigende Bedingung ist. Hunter, Davy, Scudamore, Nasse beobachteten bei niederen Wärmegraden eine Verzögerung, bei erhöhter Wärme eine Beschleunigung des Gerinnens. Marchal (de Calvi) hat neuerdings diese Thatsache in Zahlen gebracht [1]). Indem er von dem Blut desselben Aderlasses die eine Hälfte einer Wärme von 35—60°, die andere einer kühlenden Mischung von Eis und Salz aussetzte, fand er in 1000 Theilen der ersteren durchschnittlich 0,24 mehr Faserstoff als in der letzteren. Hewson, Hunter, Nasse, ich sahen Blut gefrieren und flüssig wieder aufthauen, so daß es erst nachher in der Wärme gerann. Wenn endlich das Blut nach Nasse's Versuchen bei 37° C., also bei der Wärme, die es im Körper der Säugethiere besitzt, auch langsamer gerinnt, als bei höheren und niederen Wärmegraden, so gerinnt es eben doch [2]), und das ist der unwiderleglichste Beweis, daß die Abkühlung keine nothwendige Bedingung des Gerinnens ausmacht. Abeille hat vor Kurzem den beschleunigenden Einfluß erhöhter Wärme und die Verzögerung der Gerinnung durch niedere Wärmegrade bestätigt [3]).

---

1) Journ. de pharm. et de chim. 3e sér. T. XVI. Sept. 1849.

2) Nasse, a. a. O. S. 109.

3) Comptes rendus, T. XXXII, p. 378.

Nach Boerhaave und Haller ſollte die Ruhe die Gerinnung des Bluts veranlaſſen. Einerſeits aber bleibt das Blut in unterbundenen Gefäßen manchmal flüſſig, während andererſeits außerhalb des Körpers die Bewegung ſelbſt im luftleeren Raum die Gerinnung beſchleunigt.

Einen viel entſcheidenderen Einfluß übt die Luft auf die Gerinnung. Dies giebt ſich bei vermehrtem Zutritt durch die Beſchleunigung, bei verminderter Einwirkung der Luft durch die Verzögerung des Gerinnens zu erkennen.

In einer unterbundenen Ader gerinnt das Blut nach dem Eindringen atmoſphäriſcher Luft (Hewſon). Je dünner der Strahl, je weiter und flacher das Becken iſt, in welches man das aus der Ader fließende Blut auffängt, deſto vollkommener iſt die Gerinnung (Belhomme). Wenn man das Blut aus der Ader in eine geſättigte Löſung von Glauberſalz ſtrömen läßt, dann bildet ſich an der Oberfläche eine farbloſe Schichte geronnenen Faſerſtoffs, die ſich nach Wegnahme der gebildeten erneuert (Liebig). Auch mir gelang es durch letzteren Verſuch deutlich zu zeigen, wie die Gerinnung von oben nach unten fortſchritt und in dem unteren Theil des ziemlich hohen Cylinders eine nicht von Faſerſtoff eingeſchloſſene Schichte von Blutkörperchen übrig blieb. Das Glauberſalz verzögert die Gerinnung, und wie überhaupt ein farbloſes Gerinnſel, eine ſogenannte Speckhaut, ſich ſo oft über dem rothen Kuchen bildet, als das Mißverhältniß zwiſchen der Schnelligkeit des Sinkens der Körperchen und der Langſamkeit der Gerinnung groß genug iſt, ſo war hier der in lockeren Streifen gebildete rothe Kuchen nach unten bloß von Körperchen, nach oben nur von Faſerſtoff begrenzt. Endlich konnte ich Schweineblut, das ich in eine Verbrennungsröhre auffing, die gleich darauf verſchloſſen wurde, unter Mitwirkung der Kälte zwei Tage lang vor der Gerinnung ſchützen.

Es iſt bekannt, wie man durch kräftiges Umrühren, ſei es indem man das Blut mit Schrotkörnern in einer Flaſche ſchüttelt, oder indem man es mit einer Ruthe heftig ſchlägt, die Gerinnung befördern kann. Und dieſe Erſcheinung wird mit Recht von der begünſtigten Einwirkung der Luft ſammt der Bewegung hergeleitet. Um ſo mehr muß es verwundern, daß Marchal und Corne aus gerührtem Blut in vielen Verſuchen weniger Faſerſtoff erhielten, als durch

Auswaſchen des Kuchens [1]). Obgleich hierdurch weder die Beſchleunigung des Gerinnens durch Bewegung, noch auch die durch Zutritt der Luft widerlegt wird, und obgleich ich mich nicht entſchließen kann, ſolche unerwartete Beobachtungen kurzweg zu verwerfen, ſo kann ich mich doch der Vermuthung nicht erwehren, Marchal und Corne möchten den Kuchen weniger vollſtändig ausgewaſchen haben als die durch Rühren erhaltenen Faſern, abgeſehen davon, daß man von letzteren ſehr leicht einen Verluſt erleiden kann. So eben hat Abeille in geradem Gegenſatz zu Marchal und Corne beim Schlagen des Bluts mehr Faſerſtoff erhalten als beim Auswaſchen des Kuchens [2]).

Daß beim Zutritt der Luft die Beſchleunigung der Kuchenbildung auf Rechnung des Sauerſtoffs zu ſchreiben iſt, ergiebt ſich aus Beobachtungen von Beddoes und Schröder van der Kolk, die das Blut von Thieren, welche Sauerſtoff geathmet hatten, raſcher gerinnen ſahen, als nach dem Athmen in gewöhnlicher Luft. Nach Scudamore gerinnt das Blut in Sauerſtoff in kürzerer Zeit als in der Atmoſphäre. Dadurch erklärt es ſich denn, daß das Blut ſchneller gerinnt, wenn die Eigenwärme in Folge einer reichlicheren Sauerſtoffaufnahme beim Athmen erhöht iſt. Das Blut von Vögeln und Säugethieren bildet ſeinen Kuchen ſchneller als das der kaltblütigen Wirbelthiere (Naſſe). Deshalb gerinnt auch das Blut der Schlagadern raſcher als das der Adern.

Und umgekehrt wird die Gerinnung verzögert, wenn man das Blut unter Oel auffängt (Babbington, ich), oder auch, wenn man es in einen leeren Darm einfließen läßt (Schultz). In allen Krankheiten, in denen das Athmen gehemmt iſt, zeichnet ſich das Blut durch langſame Gerinnung aus. Schröder van der Kolk hat in dieſem Sinne auf das Blut der Blauſüchtigen aufmerkſam gemacht.

Wenn man nach allen dieſen poſitiven und negativen Beobachtungen dem Sauerſtoff der Luft einen weſentlich begünſtigenden Einfluß auf die Gerinnung zuſchreiben muß, ſo würde man doch ſehr irren, wenn man deshalb die atmoſphäriſche Luft für die Urſache der Gerinnung halten wollte. Waſſerſtoff und Stickſtoff verzögern zwar die Gerinnung, jedoch ohne dieſelbe gänzlich aufzuheben (Scuda-

1) Comptes rendus, T. XXX, p. 30, p. 316.
2) Comptes rendus, T. XXXII, p. 378.

more). Ja nach Magendie hebt kein Gas die Gerinnung vollständig auf, Naſſe ſah Blut gerinnen, das er über Queckſilber auffing, und Scudamore und Krimer beobachteten die Gerinnung ſogar unter der Luftpumpe[1]). Die letzteren beiden Forſcher ſchnitten alſo den einzigen noch möglichen Ausweg ab, der dahin führte die Gerinnung von dem im Blut gelöſten Sauerſtoff abzuleiten. Auch hier wurde alſo eine günſtige, wohl die günſtigſte Bedingung überſchätzt, indem man ſie zur Urſache ſtempelte.

Einen ſehr bedeutenden Einfluß auf die Gerinnung übt der Salzgehalt des Bluts. Naſſe fand in langſam gerinnendem Vogelblut die Menge der Salze um ein Drittel bis um die Hälfte vermehrt. Daher mag es rühren, daß wäſſeriges Blut raſcher gerinnt als ſolches, das die regelmäßige Waſſermenge führt. Im Verſuch läßt ſich die Beſchleunigung zeigen, wenn man nicht mehr als die doppelte Waſſermenge zufügt. Im Zuſammenhang mit dieſer Erſcheinung verdient es Beachtung, daß verſchiedene Salzlöſungen, namentlich kohlenſaure Salze und Salpeter, den Faſerſtoff des aderlichen Bluts zu löſen vermögen.

Naſſe fand übrigens, daß beinahe alle Stoffe, als Löſung und als Pulver, wenn ſie in großer Menge zugeſetzt werden, die Gerinnung verzögern, während ſie, in kleiner Menge zugefügt, die Kuchenbildung beſchleunigen. Bei den kauſtiſchen Alkalien iſt die Menge, welche bereits eine Verzögerung herbeizuführen im Stande iſt, am kleinſten[2]).

Daß die Gerinnungszeit, wie Schröder van der Kolk und Sigwart meinten, im geraden Verhältniß zur Menge des Faſerſtoffs ſtände, das heißt, daß die Gerinnung um ſo ſchneller erfolgte, je kleiner die Menge des Faſerſtoffs wäre, iſt als ein Irrthum widerlegt worden. Naſſe hat bewieſen, daß zwiſchen der Menge des Faſerſtoffs und der Zeit der Gerinnung durchaus kein regelmäßiges Verhältniß waltet[3]).

---

1) Naſſe, a. a. O. S. 111, 112, der alle hierher gehörige Fragen vortrefflich erörtert hat.

2) Naſſe, a. a. O. S. 116, wo überhaupt für viele Stoffe die Grenzen angegeben ſind, welche die Beſchleunigung von der Verzögerung trennen.

3) Ebendaſelbſt S. 105.

§. 6.

Der Kuchen des Bluts erleidet längere Zeit hindurch eine Zuſammenziehung, in deren Folge ſich die Menge des Blutwaſſers vermehrt. Es dauert lange bevor dieſe Zuſammenziehung ganz vollendet iſt. Im geſunden Blut erfolgt die Gerinnung nach 2 bis 10 Minuten, und es werden nach Naſſe 10—48 Stunden erfordert, bis die Zuſammenziehung ganz aufgehört hat.

Im Widerſpruch mit Andral und Gavarret und mit C. Schmidt haben Thackrah und ich gefunden, daß das Serum um ſo mehr feſte Beſtandtheile enthält, je ſpäter es aus dem Kuchen ausgepreßt wurde. Dabei habe ich zugleich den Nachweis geliefert, daß der Kuchen deshalb ein dichteres Serum einſchließt, weil die Blutkörperchen die gelöſten Stoffe anziehen, ganz ſo wie aus einer Mutterlauge die Kryſtalle zuerſt anſchießen um einen feſten Kern[1]).

In einem hohen, engen Gefäß und bei höheren Wärmegraden zieht ſich nach Naſſe der Kuchen beſſer zuſammen als in einem weiten Becken bei niederer Wärme. Auch durch eine große Waſſermenge wird die Zuſammenziehung des Kuchens verhindert. Durch dieſe Verhältniſſe wird es bedingt, daß häufig einer ſcheinbaren Vermehrung oder Verminderung des Blutwaſſers die wirkliche Menge nicht entſpricht. Darum kann man die Menge des Blutwaſſers nur dann ungefähr ſchätzen, wenn man neben der ausgepreßten Flüſſigkeit auch den Grad der Feſtigkeit des Kuchens berückſichtigt.

§. 7.

Die Blutkörperchen enthalten in reichlicher Menge eine eiweißartige Verbindung, welche Berzelius in ihren Hüllen ſuchte, während die neueren Chemiker dieſelbe immer mehr und mehr dem Inhalt der Körperchen zuſchreiben. So viel iſt gewiß, daß die Hülle der Blutkörperchen nicht deutlich die Merkmale einer beſtimmten Eiweißverbindung erkennen läßt, daß man aber aus den Blutkörperchen ei-

---

1) Moleſchott, über eine Fehlerquelle in der Andral-Gavarret'ſchen Methode der Blutanalyſe, Henle und Pfeufer, Zeitſchrift, Bd. VII, S. 228—236.

nen mit dem Blutfarbſtoff verunreinigten eiweißartigen Stoff gewinnen kann, der nach allem, was jetzt vorliegt, mit demjenigen der Kryſtallinſe des Auges übereinſtimmt. Deshalb wird dieſer Körper auch ohne Unterſchied bald Globulin, bald Kryſtallin genannt.

In dem Gehalt an Stickſtoff, Kohlenſtoff, Waſſerſtoff und Sauerſtoff ſchließt ſich das Globulin an das Eiweiß, von dem es in der Zuſammenſetzung hauptſächlich durch den Mangel des Phosphors verſchieden iſt. Rüling fand in demſelben 1,2, Lehmann 1,1 Procent Schwefel und nur wenig phosphorſauren Kalk.

Das Globulin gehört zu den in Waſſer löslichen Eiweißkörpern. Aus der Löſung wird es zwar durch Alkohol gefällt, allein kochender Alkohol löſt einen Theil des Niederſchlags wieder auf.

Beim Erwärmen bis zu 73° opaliſirt die wäſſerige Löſung des Globulins, bei 83° wird ſie trüb und erſt bei 93° ſcheidet ſich ein milchiges Gerinnſel aus, das ganz unklar durch das Filter geht. Durch den Zuſatz von neutralen Alkaliſalzen gerinnt indeß das Globulin in Flocken, die ſich vortrefflich filtriren laſſen (Lehmann). Daſſelbe konnte ich durch den Zuſatz von Alkohol und nachheriges Kochen erreichen.

Eſſigſäure oder Ammoniak, einzeln zugefügt, bewirken keine Fällung in der Globulinlöſung, wohl aber, wenn man beide Prüfungsmittel vereinigt ſo anwendet, daß das eine das andere ſättigt (Lehmann). Wenn man ſehr verdünnte Eſſigſäure zuſetzt, dann wird die wäſſerige Globulinlöſung opaliſirend, ſie gerinnt beim Kochen und wird durch großen Ueberſchuß von Eſſigſäure zwar wieder opaliſirend, nie aber völlig klar.

Ganz rein läßt ſich das Globulin aus dem Blut nicht gewinnen. Mit dem rothen Farbſtoff des Bluts verunreinigt erhält man es, wenn man das gerührte Blut etwa mit 8 Raumtheilen einer geſättigten Glauberſalzlöſung verſetzt und filtrirt. Dann bleibt auf dem Filter ein Gemenge von Globulin und Blutfarbſtoff, welches man ſonſt Blutroth nannte. Der größte Theil des Farbſtoffs läßt ſich durch Behandlung des Gemenges mit ſchwefelſäurehaltigem Alkohol entfernen. Allein etwas rother Farbſtoff bleibt immer mit dem Globulin verbunden. Von der Schwefelſäure iſt das Globulin auch nicht wohl zu trennen, ohne wenigſtens theilweiſe zerſetzt zu werden, ſo wie es denn überhaupt für dieſen Eiweißkörper eigenthümlich iſt, daß er viel leichter als andere in Fäulniß übergeht und ſchon beim Kochen Ammo-

niak entwickelt (Lehmann). Darum zieht man es vor, das Globulin aus der Kryſtallinſe zu bereiten.

Nach dieſen Mittheilungen ergiebt es ſich von ſelbſt, daß die Globulinmenge des Bluts nur ſehr ungenau bekannt iſt. Ungefähr wird der Globulingehalt von 1000 Theilen Blut durch Lecanu's Zahl 125,6 ausgedrückt.

§. 8.

Die neuerdings zur Sprache gekommenen Zweifel gegen L. Gmelin's Entdeckung des Käſeſtoffs im Blut[1]) habe ich mit Berückſichtigung einer etwaigen Verwechſlung des Käſeſtoffs mit Natronalbuminat und der hübſchen Prüfungsmittel, die der ſorgfältige Lehmann vorgeſchrieben, beſeitigt[2]). Es iſt demnach keinem Zweifel mehr unterworfen, daß der Käſeſtoff zu den regelmäßigen Beſtandtheilen des Bluts gehört, wenn auch in geringer, bisher nicht gewogener Menge.

In ſeiner Zuſammenſetzung ſtimmt der Käſeſtoff, wenn man davon abſieht, daß er keinen Phosphor und im Mittel nach den Beſtimmungen von Rüling, Walther und Verdeil nur 0,9 Procent Schwefel enthält, mit dem Eiweiß überein. Er führt mehr phosphorſauren Kalk als irgend eine andere eiweißartige Verbindung, nach Lehmann 6 Procent.

Eine nicht allzuſehr verdünnte wäſſerige Löſung des Käſeſtoffs gerinnt beim Kochen in geruncelten Häuten, die ſich ſo oft erneuern als man die gebildeten weggenommen hat. Hierin beſitzt der Käſeſtoff alſo vollſtändige Aehnlichkeit mit dem Natronalbuminat.

Wie das Globulin läßt ſich der Käſeſtoff aus der Löſung in Waſſer durch Alkohol niederſchlagen, und die Fällung wird theilweiſe von reichlicher zugeſetztem, beſonders von ſiedendem Alkohol gelöſt (Lehmann). Wenn der Niederſchlag nicht durch zu ſtarken Alkohol erzeugt wurde, dann iſt er in Waſſer wieder löslich.

Die wäſſerige Löſung wird durch Eſſigſäure gefällt, namentlich wenn man zu gleicher Zeit erhitzt, die alkoholiſche dagegen nicht. Ein

---

1) Lehmann a. a. O. Bd. I. S. 391, 392, 394, 395.

2) Moleſchott, Käſeſtoff im Blut, in Vierordt's Archiv für phyſiologiſche Heilkunde, 1851.

Ueberſchuß der Eſſigſäure löſt den Niederſchlag langſam auf. Während ſich der Käſeſtoff hierdurch deutlich vom Erbſenſtoff unterſcheidet (vgl. S. 92), ſtimmt er in dieſer Eigenſchaft mit dem Natronalbuminat überein, und Lehmann hat mit Recht hervorgehoben, daß gerade dieſes Merkmal am häufigſten eine Verwechſlung beider Stoffe veranlaßte.

Schwefelſaure Erden und Chlorcalcium fällen wäſſerige Löſungen des Käſeſtoffs beim Erhitzen.

Lab macht Käſeſtofflöſungen gerinnen, und da dieſelben nach der Gerinnung noch alkaliſch ſein können (Selmi), ſo ſcheint die vorherige Bildung von Milchſäure keine nothwendige Bedingung des Gerinnens zu ſein. Ich ſah in dem Blutwaſſer von Schweinen, aus welchem ich das Natronalbuminat ſorgfältigſt entfernt hatte, durch das Lab eines Hammels nach anderthalb Stunden eine deutliche Trübung entſtehen.

Mulder und Schloßberger haben in neueſter Zeit, und zwar aus gewichtigen Gründen, die Einfachheit des Käſeſtoffs bezweifelt[1]). Wenn man nämlich geronnenen Käſeſtoff mit verdünnter Salzſäure einer Wärme von 35—40° ausſetzt, dann findet man nach 2 Tagen einen großen Theil des Käſeſtoffs gelöſt. In der filtrirten Löſung erhält man durch kohlenſaures Ammoniumoxyd einen Niederſchlag, und wenn man dieſen durch Filtriren trennt, dann wird die Löſung durch Salzſäure gefällt. Dagegen berichtete Bopp, daß Salzſäure in alkaliſchen ſo gut wie in ſauren Löſungen einen und zwar denſelben Niederſchlag erzeuge[2]). Mulder und Schloßberger hätten nun entweder zu viel oder zu wenig kohlenſaures Ammoniak hinzugeſetzt. Im erſteren Fall erhielten ſie durch Salzſäure einen Niederſchlag aus einer alkaliſchen, im zweiten aus einer ſauren Käſeſtofflöſung. Bopp fand für beide Niederſchläge bei der Elementaranalyſe denſelben Gehalt an Stickſtoff und Kohlenſtoff.

Dieſer Einwurf Bopp's iſt wichtig, aber nicht entſcheidend. Denn einmal hat Schloßberger in dem Niederſchlag, den er durch kohlenſaures Ammoniak erhielt, Schwefel gefunden, in dem durch Salz-

1) Scheikundige onderzoekingen, Deel III, p. 454.

2) Bopp in Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXIX, S. 18.

ſäure gefällten Körper nicht. Andererſeits fand Mulder, daß eine Käſeſtofflöſung, nachdem man einen durch Salzſäure gebildeten Niederſchlag aus ihr entfernt hat, durch Erhitzen aufs Neue getrübt wird. Ich hatte häufig Gelegenheit dies zu beſtätigen, muß aber andererſeits, ebenſo wie Mulder, hervorheben, daß man dieſe zweite Trübung nicht ganz beſtändig erhält.

Aus Blut habe ich den Käſeſtoff bereitet, indem ich das Blutwaſſer mit Kochſalz verſetzt wiederholt kochte, um nicht nur das Eiweiß, ſondern auch das Natronalbuminat, das ſich durch jenen Zuſatz vortrefflich zuſammenballt und filtriren läßt, zu entfernen. Nachdem auch durch längeres Kochen die Flüſſigkeit völlig klar blieb, wurde ſie mit ſchwefelſaurer Bittererde gemengt und 12—14 Stunden ſich ſelbſt überlaſſen, zur Abſcheidung der Phosphorſäure. Nach der Filtration wurde aufs Neue ſchwefelſaure Bittererde zugeſetzt, bis keine Trübung mehr entſtand und dann erhitzt. Der entſtehende Niederſchlag iſt eine Verbindung des Käſeſtoffs mit Bittererde. — Da in dem Blut die Menge des Käſeſtoffs zu gering iſt, um Blutwaſſer zur Gewinnung von Käſeſtoff zu benützen, ſo wäre es nutzlos, wenn ich Vorſchriften zu einer weiteren Reinigung des Talk-Käſeſtoffs angeben wollte. Ich komme bei der Milch noch einmal auf die Darſtellung des Käſeſtoffs zurück.

§. 9.

Außer den bisher beſchriebenen weſentlichſten Eiweißkörpern des Bluts hat Mulder zwei Stoffe in demſelben beobachtet, die ſich durch einen größeren Sauerſtoffgehalt vom Eiweiß unterſcheiden. Den ſauerſtoffärmeren nennt Mulder im Anſchluß an ſeine neue Proteïntheorie Proteïnprotoxyd, den ſauerſtoffreicheren Proteïntritoxyd.

Der erſtgenannte Körper enthält Schwefel und iſt ſchwer in Waſſer löslich, der zweite iſt ſchwefelfrei und löslich in Waſſer. Jener wird durch Salpeterſäure und Ammoniak viel weniger gelb gefärbt als andere eiweißartige Verbindungen. Dieſer entwickelt in der Wärme einen leimähnlichen Geruch.

E. J. W. von Baumhauer erhielt die niedere Oxydationsſtufe durch lange fortgeſetztes Kochen des Faſerſtoffs, die höhere auf

demſelben Wege ſowohl aus Eiweiß wie aus Faſerſtoff [1]). Das ſogenannte Proteinprotoxyd wurde aus Eiweiß nicht gewonnen. Demnach ſcheint ſich das Eiweiß leichter mit Sauerſtoff zu verbinden als der Faſerſtoff.

§. 10.

Bedenkt man nun, daß in vielen Fällen die Nahrungsmittel Eiweißſtoffe in den Verdauungskanal bringen, welche mit denen des Bluts nicht übereinſtimmen, ſo verſteht es ſich von ſelbſt, daß ſich der eine Eiweißkörper in den anderen muß verwandeln können.

Weil hier nur auf die Entſtehung des Bluts aus den allgemein verbreiteten Beſtandtheilen der Pflanzen Rückſicht zu nehmen iſt, ſo ergiebt ſich zunächſt die Nothwendigkeit, daß die pflanzlichen Eiweißſtoffe ſich in thieriſche verwandeln. Denn ſo groß auch die Aehnlichkeit zwiſchen beiden ſein mag, eine völlige Uebereinſtimmung findet keineswegs ſtatt. So enthält das lösliche Pflanzeneiweiß weniger Schwefel als das Eiweiß des Bluts. Das ungelöſte Pflanzeneiweiß unterſcheidet ſich von dem Faſerſtoff, indem es auch in der lebenden Pflanze immer in geronnenem Zuſtande vorkommt und durch ſeinen geringeren Sauerſtoffgehalt. Erbſenſtoff wird von überſchüſſiger Eſſigſäure nicht gelöſt, der durch wenig Eſſigſäure aus Käſeſtofflöſungen erhaltene Niederſchlag wohl. Ueberdies iſt der Erbſenſtoff der phosphorreichſte Stoff unter den Eiweißkörpern, während Käſeſtoff gar keinen Phosphor enthält. Für Pflanzenleim und Globulin hat endlich noch Niemand Uebereinſtimmung zu behaupten gewagt. Deshalb habe ich im zweiten Buch die Unrichtigkeit der Bezeichnungen Pflanzenfibrin und Pflanzencaſein angedeutet.

Für lösliches und ungelöſtes Pflanzeneiweiß iſt bisher nicht einmal der Phosphorgehalt beſtimmt. Eine ins Einzelne gehende Entwicklungsgeſchichte der Eiweißſtoffe des Bluts aus den Eiweißkörpern der Pflanzen iſt deshalb für jetzt durchaus unmöglich.

Nur ſo viel läßt ſich allgemein angeben, daß ſchwefelärmere und phosphorfreie eiweißartige Verbindungen aller Wahrſcheinlichkeit nach durch Oxydation des Schwefels und Phosphors aus ſchwefel-

1) Mulder, Scheikundige onderzoekingen Deel I, p. 580, 581.

reicheren und phosphorhaltigen hervorgehen. Umgekehrt muß lösliches Eiweiß der Pflanzen, wenn es in Eiweiß des Bluts übergeht, Schwefel, Käseſtoff des Bluts, wenn er ſich in Eiweiß verwandelt, Phosphor aufnehmen. Die in der Lehre der Verdauung erwähnte Reduction der ſchwefelſauren Salze zu Schwefellebern giebt uns einen Wink, der bereits mehre Schriftſteller veranlaßt hat, behufs jener Aufnahme von Schwefel und Phosphor eine Reduction ſchwefelſaurer und phosphorſaurer Salze anzunehmen. Allein bewieſen iſt hier nichts.

Eine Umwandlungsweiſe ſteht feſt. Wenn nämlich Eiweiß im Thierkörper in Faſerſtoff, wenn der Faſerſtoff in Mulder's Oxyde übergeführt wird, ſo iſt dies das Ergebniß einer Oxydation. Und zwar haben wir es hier ſchon in der Blutbildung mit einer ſolchen Aufnahme von Sauerſtoff zu thun, der wir ſpäter wiederholt als Urſache der Gewebebildung und namentlich als Bedingung des Verfalls der höchſt organiſirten Weſen begegnen werden.

§. 11.

Wegen des Stickſtoffgehalts und wegen der innigen Verbindung mit dem Globulin bringe ich hier den rothen Farbſtoff des Bluts, das Hämatin, zur Sprache. Nach Mulder wird die Zuſammenſetzung deſſelben ausgedrückt durch die Formel $N^3 C^{44} H^{22} O^6 Fe$. Das Eiſen ſteckt nicht als Oxyd in dem Hämatin. Mulder hat dies ſchlagend dargethan, indem er zeigte, daß man durch Behandlung mit Chlor oder auch mit ſtarker Schwefelſäure ein eiſenfreies Hämatin darſtellen kann, in welchem der Sauerſtoffgehalt unverändert iſt. Er ließ Chlor auf Hämatin einwirken, das in Waſſer vertheilt war, und bekam einen Körper von der Zuſammenſetzung $N^3 C^{44} H^{22} O^6 + 6 ClO^3$. Durch ſtarke Schwefelſäure wurde dem Hämatin alles Eiſen entzogen, und der ausgewaſchene Körper gab Zahlen, die der Formel $N^3 C^{44} H^{22} O^6$ entſprachen. In dem letzteren Falle fand eine Waſſerzerſetzung ſtatt. Waſſerſtoff entwickelte ſich, ein Zeichen, daß das Eiſen erſt den Sauerſtoff aufnahm, bevor es ſich mit der Schwefelſäure zu einem Salze verband. Wäre das Eiſen urſprünglich als Oxydul oder als Oxyd in dem Hämatin enthalten, ſo müßte $N^3 C^{44} H^{22} O^6 Fe - FeO$ einen Körper von der Zuſammenſetzung $N^3 C^{44} H^{22} O^5$, oder aber

$$2 (N^3 C^{44} H^{22} O^6 Fe) - Fe^2 O^3$$

einen Stoff von der Formel $N^6 C^{88} H^{44} O^9$ zurücklaſſen. Allein das urſprüngliche Verhältniß für die Aequivalentzahlen des Stickſtoffs, Kohlenſtoffs, Waſſerſtoffs und Sauerſtoffs fand Mulder unverändert wieder. Gegen die Annahme, daß das Eiſen im Hämatin bereits oxydirt ſei, ſpricht ferner die von Mulder beobachtete Thatſache, daß man durch verdünnte Säuren das Eiſen aus dem Hämatin nicht entfernen kann.

In dem Blut befindet ſich das Hämatin im löslichen Zuſtande. Es läßt ſich jedoch als ſolches nicht vom Globulin trennen. Getrocknet iſt das ſchwarzbraune, metalliſch-glänzende Pulver unlöslich in Waſſer, Alkohol, Aether und Säuren. Dagegen löſt es ſich in Alkohol, der mit Schwefelſäure oder Salzſäure verſetzt iſt, und ſehr leicht in kauſtiſchen wie in kohlenſauren Alkalien.

Wenn man das in Kali gelöſte Hämatin kocht, ſo nimmt daſſelbe eine dunkel kirſchrothe Farbe an. Aus der ammoniakaliſchen Löſung wird das Hämatin gefällt durch Blei-, Kupfer- und Silberſalze.

Die oben erwähnte Verbindung der chlorichten Säure mit eiſenfreiem Hämatin bildet weiße Flocken, das Hämatin, dem durch ſtarke Schwefelſäure der Eiſengehalt entzogen wurde, iſt ein dunkelbrauner Körper. Letztere Eigenſchaft verdient beſonders darum Beachtung, weil man längere Zeit geneigt war, die Farbe des Bluts nur vom Eiſen abzuleiten.

Zur Darſtellung des Blutfarbſtoffs wird das geſchlagene Blut, wie ich es oben bei der Bereitung des Globulins angab, etwa mit acht Raumtheilen einer geſättigten Löſung ſchwefelſauren Natrons oder auch mit einer Kochſalzlöſung vermiſcht und nach einiger Zeit filtrirt. Die auf dem Filter zurückbleibenden Blutkörperchen werden mit derſelben Salzlöſung gewaſchen und darauf in Waſſer gelöſt. Durch Erhitzen gerinnt das Globulin ſammt dem Hämatin, und aus dem getrockneten Gerinnſel erhält man den Farbſtoff durch Auskochen mit ſchwefelſäurehaltigem Alkohol. Aus dieſer Löſung wird mittelſt Ammoniak die Schwefelſäure und ein Theil des Globulins gefällt. Sie wird dann wieder filtrirt und abgedampft. Den feſten Rückſtand löſt man in ammoniakhaltigem Alkohol auf, wodurch das noch übrige Globulin unlöslich zurückbleibt. Die filtrirte Löſung wird dann noch einmal verdunſtet und zur Entfernung des Ammoniaks mit Waſſer gewaſchen.

Nach einer von Berzelius herrührenden Beſtimmung des Eiſengehalts des Bluts berechnet Lehmann für 1000 Theile Blut des Menſchen 7,32 Hämatin, indem er Mulder's Zahl für den Eiſen-

gehalt deſſelben zu Grunde legt. Simon fand 7,18, Lecanu nur 2,27 in tauſend Theilen.

Ueber die Entſtehung des Hämatins wiſſen wir nur, daß die Pflanzenfreſſer daſſelbe aus ſtickſtoffhaltigen Nahrungsſtoffen und Eiſenſalzen bereiten müſſen. Durch welche Vermittlung dies geſchieht, iſt völlig unbekannt.

Daß das Fett einen Antheil hätte an der Bildung des Blutfarbſtoffs, läßt ſich weder beweiſen noch widerlegen. Zur Bildung der Blutkörperchen überhaupt muß das Fett, das ſo reichlich in denſelben enthalten iſt, in einer weſentlichen Beziehung ſtehen, ob aber deshalb gerade zum Farbſtoff, das iſt eine unerledigte Frage. Wenn Lehmann [1]) glaubt, das Hämatin müſſe nothwendiger Weiſe aus einer ſauerſtoffärmeren Verbindung hervorgehen, weil es in den ſauerſtoffreichen Blutkörperchen gebildet werde, ſo kann ich ihm durchaus nicht beiſtimmen. Oder wäre es nicht möglich, daß aus Eiweiß und Eiſenſalzen neben einem ſauerſtoffreicheren Körper zugleich das ſauerſtoffärmere Hämatin entſtände? Geſchieht doch etwas Aehnliches, wenn aus faulenden Eiweißkörpern neben ſauerſtoffreichen Säuren Ammoniak gebildet wird, oder wenn Amygdalin ſauerſtoffreichen Zucker und daneben ſauerſtoffarmes Bittermandelöl und Blauſäure liefert.

Ich habe oben wahrſcheinlich zu machen geſucht, daß die Farbſtoffbildung bereits in den Chylusgefäßen beginnt. Hierfür ſpricht noch, daß nach längerem Faſten die Menge des Farbſtoffs im Milchbruſtgang am größten zu ſein pflegt. Die verflüſſigten Nahrungsmittel liefern einen milchweißen Chylus, der ſich erſt nach und nach röthet, und alſo um ſo röther ſein wird, je länger er unvermiſcht bleibt mit nachfließendem Speiſeſaft. Daß indeß nicht alles Hämatin, ja ſogar wahrſcheinlich nur der kleinſte Theil deſſelben in den Chylusgefäßen entſteht, bedarf wohl kaum der Erinnerung.

§. 12.

Eine Abart des Hämatins iſt das von Virchow genauer beſchriebene Hämatoidin, das Kölliker beim Menſchen, beim Hunde, bei Python bivittatus und beim Flußbarſch in den Blutkörperchen beobachtet hat [2]).

1) A. a. O. Bd. I. S. 314.

2) Vgl. Kölliker, in Kölliker und v. Siebold, Zeitſchrift für wiſſenſchaftliche Zoologie, Bd. I. S. 266.

Das Hämatoidin kommt formlos, in körnigen, kugligen, zackigen Massen und kryſtalliſirt in Form ſchiefer rhombiſcher Säulen oder faſt reiner Rhomboëder vor. Die Farbe des Hämatoidins wechſelt vom Gelbrothen bis zum Rubinrothen.

Virchow fand das Hämatoidin unlöslich in Waſſer, Alkohol, Aether, Eſſigſäure, verdünnten Mineralſäuren und Alkalien; Kölliker dagegen fand es löslich in Eſſigſäure, Kali und Salpeterſäure, ein Widerſpruch, der ſich wird erklären laſſen, wenn es gelungen ſein wird, den Körper von allen anderen zu trennen. Lehmann ſah einige Male kleine Kryſtalle, die ſich löſten in ſchwefelſäurehaltigem und in ammoniakhaltigem Alkohol und beim Sättigen der Säure oder des Alkalis gefällt wurden.

Kalihydrat färbt das Hämatoidin brennender roth; dieſes zerfällt dabei in rothe Körnchen, wird allmälig gelöſt und kann durch Sättigung des Kalis nicht gefällt werden. Starke Schwefelſäure beraubt die Kryſtalle ihrer ſcharfen Umriſſe; die rundlichen Bruchſtücke werden nach einander braunroth, grün, blau, roſa (Virchow).

Da es bisher nicht gelang, das Hämatoidin rein darzuſtellen, ſo läßt ſich natürlich über die Zuſammenſetzung deſſelben nichts ſagen. Bisweilen war in der Schwefelſäure nach Auflöſung der Kryſtalle Eiſen enthalten, immer jedoch nicht.

§. 13.

Eine zweite Klaſſe von weſentlichen Blutbeſtandtheilen umfaßt die Fette. So weit ſich dieſe an die auch im Pflanzenreich allgemeiner verbreiteten Fettarten anſchließen, ſind es keine neutrale Fette, ſondern fettſaure Alkaliſalze. Neben dieſen enthält das Blut unverſeifbare Fette, die leider außerordentlich mangelhaft erforſcht ſind.

Bei weitem die größte Menge des Fetts iſt in den Blutkörperchen enthalten, und man muß dieſes Verhältniß als ein durch Verwandtſchaft bedingtes und andererſeits ſelbſt den Beſtand der Blutkörperchen bedingendes betrachten. Die farbloſen Blutkörperchen ſind noch reicher an Fett als die farbigen, wie es der beim Chylus geſchilderte Urſprung erklärt.

Schon an einem anderen Orte habe ich darauf aufmerkſam gemacht, daß die namentlich von Berzelius vertretene Anſicht, das Eiweiß und der Faſerſtoff ſollten beſtimmte Fette des Bluts zu regel-

mäßigen Trabanten haben, nicht gerechtfertigt iſt. Beim Gerinnen ſchließen dieſe beiden Eiweißkörper eine bedeutende Menge Fett ein, das jedoch einer phyſikaliſchen, keiner chemiſchen Anziehung folgt [1]). Deshalb wäre es auch werthlos, wenn ich Zahlen angeben wollte für das Fett, welches in dieſer Weiſe z. B. dem Faſerſtoff anhängt.

Das Fett des Bluts pflegt nach Schultz und Lehmann ein feſteres zu ſein als das des Chylus. Im Blut iſt wiederum das Fett des Serums weniger ſchmierig, leichter kryſtalliſirbar und freier von Farbſtoff als das der Körperchen [2]).

§. 14.

Unter den Seifen des Bluts hat man von jeher die ölſauren und perlmutterfettſauren Alkalien aufgeführt. Unter dieſen findet ſich eine ſaure Ammoniakſeife [3]).

Da nun viele Thiere, beſonders die Wiederkäuer, in ihren Geweben eine reichliche Menge Talgſtoff führen, ſo war es zu verwundern, daß kein Naturforſcher talgſaure Salze im Blut gefunden haben wollte. Um ſo willkommener iſt die Angabe von Bouchardat und Sandras, daß ſie bei Thieren, die mit feſtem Fett gefüttert waren, auch Stearinſäure im Blut nachweiſen konnten.

Aus dem Blut einer Wöchnerin hat Lehmann [4]) bei der Deſtillation mit verdünnter Schwefelſäure eine flüchtige Säure erhalten, welche deutlich nach Butterſäure roch. Barruel's Angabe, daß der dem Blut verſchiedener Thierarten eigenthümliche Geruch auf den Zuſatz von Schwefelſäure beſonders deutlich hervortrete, weiſt offenbar darauf hin, daß jener Geruch von flüchtigen Fettſäuren herrührt. Und da dieſer Geruch bei verſchiedenen Thieren ſehr verſchieden ausfällt, was C. Schmidt wenigſtens für Ziegen, Schaafe und Katzen beſtätigen konnte, ſo hat man allen Grund anzunehmen, daß außer Butterſäure bei verſchiedenen Thierarten auch Capronſäure, Caprylſäure

1) Vgl. meine Phyſiologie der Nahrungsmittel, Darmſtadt, 1850 S. 9.

2) Lehmann, a. a. O. Bd. II, S. 198.

3) Lehmann, ebendaſelbſt S. 199.

4) Lehrbuch der phyſiologiſchen Chemie, erſte Ausgabe, Bd. I. S. 254.

säure oder Caprinsäure im Blut vorkommen werden. Es liegt in der Natur der Sache, daß analytische Belege hiefür zur Zeit noch fehlen.

§. 15.

Ein nicht verseifbares Fett, welches Boudet entdeckt hat, ist das Serolin, das durch seinen Stickstoffgehalt ausgezeichnet ist.

Es bildet bei gewöhnlichen Wärmegraden perlmutterglänzende Flocken, die bei 36° schmelzen, in kaltem Alkohol wenig, dagegen leicht löslich sind in heißem Alkohol und in Aether.

Man gewinnt das Serolin, wenn man getrocknetes Blut mit Wasser auszieht und, nachdem man es wieder getrocknet hat, mit siedendem Alkohol behandelt. Aus der alkoholischen Lösung scheiden sich beim Erkalten die perlmutterglänzenden Flocken aus, die mit kaltem Alkohol gewaschen werden.

Noch weniger als das Serolin sind die phosphorhaltigen Fette des Bluts geprüft. Man weiß nur, daß sie, wie die Blutfette überhaupt, vorzugsweise den Blutkörperchen angehören.

Das phosphorhaltige Blutfett wurde immer mit dem entsprechenden Hirnfett verglichen. Da es niemals rein dargestellt wurde und alles, was sich hier mittheilen ließe, nur nach den Eigenschaften des Hirnfetts vermuthet wird, so will ich dasselbe erst bei den Fetten der Gewebe erörtern. Rees will an venösem Blut einen eigenthümlichen Knoblauchgeruch beobachtet haben, der sich deutlich entwickelte, wenn die Körperchen durch plötzliche Vermischung mit Wasser platzten [1]).

Hinsichtlich der Entstehung der phosphorhaltigen Fette hat Nasse die Vermuthung ausgesprochen, das Eiweiß könne den Phosphor liefern, indem es sich in phosphorfreies Globulin verwandelt [2]). Es soll jedoch diese ganz sinnige Vorstellung unsre Unwissenheit über einen Gegenstand, der bisher nur wenig Beachtung fand, nicht verbergen.

Nach Boussingault ist die mittlere Fettmenge des gesunden Bluts 2,4 in tausend Theilen.

---

1) Erdmann und Marchand, Journal für praktische Chemie, Bd. XLVI, S. 130.

2) H. Nasse, Art. Chylus, in Rud. Wagner's Handwörterbuch S. 243.

§. 16.

An die Fette reiht sich auch im Blut ein Körper, der den Wachsarten viel näher steht als dem Fett. Ich meine das sogenannte Gallenfett oder Cholesterin, welches sich nach den Zahlen von Marchand, Schwendler und Meissner und von Payen durch die Formel $C^{37} H^{32} O$ ausdrücken läßt.

Das Cholesterin krystallisirt in rhombischen Tafeln und schmilzt bei 135°. Es ist unlöslich in Wasser und schwer löslich in kaltem Alkohol. In heißem Alkohol und in Aether wird es dagegen leicht gelöst. Von Seifenwasser und fetten Oelen wird es ebenfalls aufgenommen. Von den Hauptarten des Wachses unterscheidet sich das Cholesterin indeß ebensogut wie von den neutralen Fetten dadurch, daß es sich nicht verseifen läßt.

Eine wichtige Eigenschaft des Cholesterins besteht in der rosenrothen Farbe, die es bei der Behandlung mit starker Schwefelsäure annimmt. Dabei wird das Cholesterin zersetzt in Kohlenwasserstoffe, denen Zwenger den Namen Cholesteriline beilegt.

Aus dem Blut kann man das Cholesterin gewinnen, wenn man das getrocknete, mit Wasser ausgewaschene und wieder getrocknete Blut mit Alkohol auskocht. Beim Erkalten der alkoholischen Lösung scheiden sich zugleich das Serolin und das Cholesterin ab. Erwärmt man dieses Gemenge bis zu etwa 40°, dann schmilzt das Serolin, während das Cholesterin fest bleibt. Letzteres ließe sich durch Alkohol waschen.

Becquerel und Rodier fanden in 1000 Theilen Blut durchschnittlich 0,088 Cholesterin. Diese kleine Menge kann gewiß durch die Seifen des Bluts gelöst erhalten werden.

Bei den Pflanzenfressern entsteht das Cholesterin des Bluts aller Wahrscheinlichkeit nach aus dem Wachs, das in geringer Menge in ihre Chylus-Gefäße übergeht. Die Art und Weise der Umsetzung ist aber für jetzt ein unauflösliches Räthsel.

§. 17.

Von den Fettbildnern ist nur der Zucker im Blut vertreten, und zwar der Traubenzucker, den man, wenn er aus thierischen Körpern gewonnen ist, häufig mit dem Namen Krümmelzucker belegt. Ma-

Magendie fand zuerst den Traubenzucker im Blut eines Hundes, der mit stärkmehlreicher Nahrung gefüttert war. Danach lag es sehr nahe, den Ursprung des Zuckers im Blut nur von stärkmehlartigen Stoffen abzuleiten. Aus neueren Versuchen von C. Schmidt stellt sich indeß heraus, daß bei den verschiedensten Säugethieren, bei Fleischfressern wie bei Pflanzenfressern, Zucker als ein regelmäßiger Bestandtheil des Bluts auftritt. Und hiermit stimmen die Angaben von Bernard und van den Broek völlig überein [1]).

Weil der Zucker bei Katzen in dem Gewebe der Leber auftritt, selbst wenn die Thiere acht Tage lang nichts als Fleisch gefressen hatten (Frerichs)[2]), so liegt die Vermuthung nahe, daß der Zucker auch im gesunden Zustande aus eiweißartigen Verbindungen gebildet werden könne[3]).

In Folge der Umwandlung, die der Zucker bereits im Verdauungskanal erleidet (vgl. oben S. 198), ist indeß die Menge des Zuckers im Blute immer nur gering. C. Schmidt fand im Blut von Rindern durchschnittlich 0,0071, bei einem Hunde 0,015, bei einer Katze 0,021 Zucker in 1000 Theilen.

Wenn man bedenkt, daß Milchsäure in den ersten Wegen, und wie wir später sehen werden, auch in den Geweben auftritt, also diesseits und jenseits der Blutbahn, so wird es mehr als wahrscheinlich, daß sie wenigstens vorübergehend auch im Blute vorkommt. Ist diese Annahme richtig, dann muß die Milchsäure das Blut bald wieder verlassen oder in überaus geringer Menge in demselben enthalten sein. Enderlin, ich und Schloßberger[4]) konnten im Blut keine Milchsäure nachweisen.

§. 18.

Die anorganischen Bestandtheile des Bluts sind Chlornatrium

---

1) Van den Broek in Nederlandsch lancet, 2e sér. Deel VI, p. 108.

2) Frerichs, Art. Verdauung, in Rud. Wagner's Handwörterbuch S. 831.

3) Vgl. unten Buch V, Kap. I, §. 13.

4) Schloßberger hat zuletzt große Mengen von Pferdeblut geprüft, ohne Milchsäure zu finden. Vgl. seine Anzeige meiner Physiologie der Nahrungsmittel in Vierordt's Archiv für physiol. Heilkunde, Bd. IX. S. 511.

und Chlorkalium, ſaure kohlenſaure, gewöhnliche phosphorſaure und ſchwefelſaure Salze der Alkalien, ferner Kalk, Bittererde und Eiſenoxyd zum Theil an Phosphorſäure gebunden.

Gegen das Vorhandenſein der kohlenſauren Salze haben ſich Enderlin und noch vor Kurzem auch Liebig[1]) ausgeſprochen. Enderlin erſchloß die Abweſenheit kohlenſaurer Salze im Blut daraus, daß er in der Aſche keine kohlenſaure Alkalien fand. Da aber gewöhnliches phosphorſaures Natron und kohlenſaures Natron beim Glühen in dreibaſiſches phosphorſaures Natron verwandelt werden, wobei die Kohlenſäure entweicht, ſo mußte Enderlin annehmen, das phosphorſaure Natron des Bluts ſei $3\,NaO + PO^5$. Aus

$$(2\,NaO + HO) + PO^5 \text{ und } NaO + CO^2$$

wird nämlich beim Glühen

$$3\,NaO + PO^5, HO, CO^2.$$

Nun kann aber in dem Blut, das freie Kohlenſäure enthält, dreibaſiſch phosphorſaures Natron ($3\,NaO + PO^5$) unmöglich beſtehen, weil ſich $3\,NaO + PO^5$ in einer Flüſſigkeit, welche freie Kohlenſäure enthält, verwandelt in $(2\,NaO + HO) + PO^5$ und $NaO + CO^2$. Trotzdem läugnet Enderlin die Gegenwart von $(2\,NaO + HO) + PO^5$ im Blut, weil ſonſt in der Aſche nicht dreibaſiſch phosphorſaures Natron ($3\,NaO + PO^5$), ſondern pyrophosphorſaures Natron ($2\,NaO + PO^5$) vorkommen müßte.

Enderlin ſetzt alſo, um dreibaſiſch phosphorſaures Natron im Blut nachzuweiſen, voraus, daß kohlenſaures Natron im Blut fehle, und umgekehrt nimmt er an, daß dreibaſiſch phosphorſaures Natron im Blute fertig gebildet ſei, um mit der von ihm beobachteten Abweſenheit des kohlenſauren Natrons in der Aſche zugleich die Abweſenheit deſſelben im Blut annehmen zu dürfen. Das heißt: er beweiſt das eine Mal ſeine Annahme mit einer Vorausſetzung, und das andere Mal die Vorausſetzung mit ſeiner Annahme.

Es iſt überdies nach meinen Beobachtungen unrichtig, daß die Aſche nicht aufbrauſt, wenn man ſie vorſichtig mit Säuren verſetzt[2]).

---

1) Liebig's Thierchemie, dritte Auflage 1846, S. 57.

2) Jac. Moleſchott, die an Baſen gebundene Kohlenſäure des Bluts; in Donders, van Deen und Moleſchott, holländiſchen Beiträgen, Bd. I, S. 169.

Wenn aber auch das Blut ausnahmsweiſe eine Aſche liefern ſollte, die kein kohlenſaures Alkali mehr enthält, ſo wäre das nur ein Beweis, daß die Menge des gewöhnlichen phosphorſauren Natrons groß genug war um das kohlenſaure zu zerſetzen. Denn letzteres iſt im Blut aufs Entſchiedenſte nachgewieſen von van Enſchut, Marchand, mir, Lehmann und Mulder. Verdeil, ein Schüler Liebig's, hat unſre Angaben neulich beſtätigt für die Blutaſche von Menſchen, Ochſen, Kälbern, Schaafen, Schweinen, und zwar bei thieriſcher und gemiſchter Koſt ſowohl, wie bei ausſchließlich pflanzlicher Nahrung [1]).

Wegen der gleichzeitigen Anweſenheit der freien Kohlenſäure im Blut iſt das kohlenſaure Salz, wie es auch früher Liebig that, für doppeltkohlenſaures Natron zu halten.

Dem gewöhnlichen phosphorſauren Natron verdankt das Blut ſeine alkaliſche Reaction. Es iſt alſo klar, daß die Menge der freien Kohlenſäure nicht groß genug iſt, um jene alkaliſche Beſchaffenheit zu verdecken. Lehmann konnte Froſchblut, das vorher ſchon mit Kohlenſäure vermiſcht war, mit doppelt kohlenſaurem Natron verſetzen, und doch wurde in demſelben ein rothes Lackmuspapier gebläut [2]).

Einer Angabe von Schmidt und Naſſe, daß das Blutwaſſer des Ochſen kein Eiſen enthalte, muß ich nach meinen Beobachtungen widerſprechen. Wenn G. Roſer [3]) aus der Menge der Phosphorſäure, welche er in der Aſche zu gering fand, um mit dem Kalk und der Bittererde die Salze $3\,CaO + PO^5$ und $3MgO + PO^5$ zu bilden, ableitet, es könne im Blut kein phosphorſaures Eiſen enthalten ſein, ſo iſt der Schluß kein zwingender. Wenn die Phosphorſäure nicht hinreicht, um den Kalk und die Bittererde zu ſättigen, ſo muß ja ohnedies ein Theil dieſer Erden mit einer anderen Säure verbunden geweſen ſein, oder Calcium und Magneſium mit einem Zünder. An Schwefelſäure können Kalk und Bittererde im Blut nicht gebunden ſein, weil ſie durch das kohlenſaure Alkali in kohlenſaure Erden verwandelt werden müſſen. Vielleicht iſt kohlenſaurer Kalk, dem wir ſpäter in den Geweben begegnen werden, im Blut mittelſt des Chlorna-

1) Verdeil, in Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXIX, S. 94—97.
2) Lehmann, a. a. O. Bd. II, S. 169.
3) Roſer in Liebig und Wöhler, Annalen Bd. LXXIII, S. 339.

triums und Chlorkaliums, die noch von der freien Kohlenſäure und organiſchen Stoffen unterſtützt ſein mögen, gelöſt.

Kieſelerde fand zuerſt Henneberg im Vogelblut, ſpäter wies Millon dieſelbe im Blut des Menſchen, Weber im Rindsblut nach [1]).

Nach den neueſten Unterſuchungen Chatin's enthalten Land- und Waſſerthiere, ſowohl wie die Pflanzen, Jod. Er fand dieſen Zünder z. B. in Lymnaeus, Blutigeln, Krebſen, Gründlingen, Fröſchen, Waſſerhühnern, Waſſerratten, aber wie geſagt auch in Thieren, die ausſchließlich dem Lande angehören [2]). Demnach hat man aller Wahrſcheinlichkeit nach auch im Blut Jodkalium anzunehmen, welches die Pflanzenfreſſer ſo häufig in ihrer Nahrung erhalten können.

Fluorcalcium wurde im vorigen Jahre von Wilſon im Blute nachgewieſen [3]).

Außer dem Eiſen ſind noch andere Metalle im Blut wahrgenommen worden. Am natürlichſten iſt wohl das von Wurzer beobachtete Vorkommen des Mangans, welches das Eiſen überhaupt ſo ſtetig begleitet. Deſchamps fand aber auch Kupfer [4]), eine Beobachtung, die von Sarzeau, Millon und Anderen beſtätigt ward. Millon erhielt Blei, Durocher, Malaguti und Sarzeau Silber aus Ochſenblut [5]). Aus dem Vorkommen dieſer Metalle in der Ackererde und in verſchiedenen Gewäſſern, aus welchen ſie in einige Pflanzen übergehen können, wird es erklärlich, daß das Auftreten derſelben im Blut möglich iſt. Als regelmäßige Beſtandtheile ſind ſie bei höheren Thieren nicht zu betrachten, wie denn auch Melſens im Blut kein Kupfer finden konnte. Manche niedere Thiere ſcheinen aber regelmäßig Kupfer im Blut zu führen. Harleß und von Bibra fanden viel Kupfer in dem Blut der Weinbergſchnecke, ja in dem Blut der Aſcidien und Cephalopoden ſogar Kupfer und kein Eiſen, ſo daß man allerdings auf die Vermuthung kommen muß, das Kupfer möchte bei dieſen Thie-

---

1) Weber in Poggendorff's Annalen, Bd. LXXXI, S. 410.

2) Chatin, Journ. de pharm. et de chim. 3e sér. T. XVIII p. 241.

3) Frorieb's Notizen, 1850 No. 215.

4) Erdmann und Marchand, Journal für praktiſche Chemie, Bd. XLVI, S. 115. 116.

5) Ebendaſelbſt Bd. XLIX, S. 435.

ren zum Farbſtoff des Bluts in einem ähnlichen Verhältniß ſtehen, wie das Eiſen zum Hämatin der Wirbelthiere.

Titanſäure endlich will Rees im Blut beobachtet haben. Allein dieſe Säure wurde weder von Valentin und Brunner, noch von Marchand wiedergefunden.

§. 19.

Aus den Zahlen von Dénis, Richardſon und Naſſe berechnet Häſer als mittleren Salzgehalt in tauſend Theilen Menſchenblut 6,88, von denen 6,36 auf die Chloralkalimetalle und die alkaliſchen Salze, 0,52 auf die Erdverbindungen kommen [1]). Sehr nahe ſtimmen mit jener Zahl die neueſten Angaben von Verdeil und Stölzel überein; jener fand im friſchen Blut im Mittel 6,45 Aſche [2]) dieſer im Ochſenblut etwa 7,0 in tauſend Theilen [3]).

Nach den Unterſuchungen C. Schmidt's iſt die Menge der Salze in den Blutkörperchen viel geringer als im Serum. Lehmann, fand im Serum des Venenbluts eines Pferdes 8,35 Salze auf tauſend Theile, im feuchten Blutkuchen 8,19, und indem er nach einer wahrſcheinlichen Schätzung das im Blutkuchen eingeſchloſſene Serum abzieht, berechnet er für 1000 Theile feuchter Blutkörperchen einen Salzgehalt von nur 6,48 bis 6,81 [4]).

Die Menge des Waſſers beträgt als Mittel aus den Unterſuchungen von Lecanu, Naſſe, Simon, Richardſon, Becquerel und Rodier 789,75 in 1000 Theilen.

Unter den anorganiſchen Beſtandtheilen des Bluts findet ſich nach dem Waſſer das Kochſalz in der reichlichſten Menge. Ueberhaupt herrſcht in dem Blut das Natron weit über das Kali vor. Nach Liebig und Henneberg kommen im Blut des Ochſen auf 100 Theile Natron nur 5,9 Kali, und Enderlin hat kürzlich dieſes Verhältniß

---

1) Häſer, a. a. O. S. 12.

2) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXIX. S. 97. Es heißt dort gewiß durch einen Druckfehler oder Schreibfehler 6,45 p. C. ſtatt 6,45 p. M.

3) Stölzel, ebendaſelbſt Bd. LXXVII. S. 257.

4) Lehmann, a. a. O. Bd. II. S. 176.

für den Menſchen beſtätigt [1]). Von den Erden hat nach Liebig der Kalk das Uebergewicht über die Bittererde. Ich ſelbſt habe im Ochſenblut nur Spuren von Bittererde gefunden, ebenſo Dénis im Blut des Menſchen.

Nach dem Kochſalz ſind die kohlenſauren und phosphorſauren Alkalien im Blut am reichlichſten vertreten, und zwar ſind mehr Aequivalente des kohlenſauren als des phosphorſauren Alkalis im Blut enthalten [2]).

Durch eine vortreffliche Unterſuchung von C. Schmidt, einem der geiſtvollſten Forſcher auf dem Gebiet der Phyſiologie des Stoffwechſels, haben wir vor Kurzem bereits im Blut eine ſolche Trennung der anorganiſchen Stoffe nach der Verwandtſchaft organiſirter Formbeſtandtheile kennen gelernt, wie ſie bereits früher, namentlich durch Liebig, in den Geweben an ſchönen, leuchtenden Beiſpielen ermittelt wurde. Schmidt hat nämlich durch ſprechende Zahlen bewieſen, daß in den Blutkörperchen vorzugsweiſe das Kali und die Phosphorſäure, in der Blutflüſſigkeit dagegen vorherrſchend das Natron, die Erden, die ſchwefelſauren und die kohlenſauren Salze enthalten ſind. So findet ſich das Chlorkalium größtentheils in den Blutkörperchen, von denen Berzelius bereits behauptete, daß ſie kein Kochſalz enthielten [3]), das Chlornatrium nebſt einem kleinen Theil des Chlorkaliums in der Blutflüſſigkeit. Und da das Chlornatrium im Blut überhaupt bedeutend über das Chlorkalium vorherrſcht, ſo verſteht es ſich von ſelbſt, daß die Blutflüſſigkeit durch ihren Chlorgehalt die Körperchen weit übertrifft. Ganz in derſelben Weiſe ſind in der Flüſſigkeit die organiſchen Stoffe nur an Natron gebunden, in den Körperchen dagegen an Kali und Natron.

Am deutlichſten ergeben ſich dieſe Unterſchiede nach Schmidt's Zahlen an dem Blut des Menſchen, während unter den Säugethieren

---

1) Enderlin, in Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXXV. S. 151.

2) Jac. Moleſchott, a. a. O. S. 174.

3) Naſſe, Art. Blut, S. 92. Neuerdings hat Enderlin ebenfalls eine Beſtätigung dieſer Angabe geliefert. Bei einer Frau, die vor 4½ Monaten geboren hatte, fand er für die Aſche des ganzen Bluts das Verhältniß des Natrons zum Kali wie 100: 3,8, für die Cruoraſche wie 100 : 418,0 und ein anderes Mal wie 100 : 354,0. Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXXV. S. 151.

jenes Verhältniß der Alkalien bei den Pflanzenfreſſern, das der Säuren bei den Fleiſchfreſſern deutlicher ausgeprägt iſt [1]).

Für das Ochſenblut fand ich Schmidt's Angaben, die ich als eine der ſchönſten Bereicherungen unſeres phyſiologiſchen Wiſſens von der Materie betrachte, hinſichtlich der Alkalien und der Phosphorſäure ſo deutlich beſtätigt, daß ich dieſelben qualitativ zeigen konnte.

Nach Schmidt's Beobachtungen ſind die Verhältniſſe der anorganiſchen Beſtandtheile zu den Körperchen und der Flüſſigkeit des Bluts ſo feſt, daß ſie durch die Nahrung ebenſo wenig wie durch den Volksſtamm verändert werden. Es wiederholt ſich alſo hier die Verwandtſchaft zwiſchen organiſirten Formbeſtandtheilen und anorganiſchen Stoffen, die ich oben für das Pflanzenreich erörterte. Dieſe Verwandtſchaft iſt es, welche die Menge und die Zuſammenſetzung der Aſche nothwendigen Geſetzen unterwirft. Die hierher gehörigen Thatſachen ſind leicht zu ermitteln. Daß Schmidt ſich aber dieſe Fragen zur Beantwortung vorlegte, das zeigt nach meiner Meinung, daß er weiß, auf welchem Felde am meiſten zu erndten iſt.

§. 20.

Ueber die Menge des Bluts beſitzen wir abſolut ſo wenig zuverläſſige Zahlen, daß mir für den Plan dieſes Werks eine Mittheilung der vorliegenden Unterſuchungen nutzlos ſchiene. Darum erwähne ich nur, daß nach Valentin, deſſen Verfahren zur Beſtimmung der Blutmenge unſtreitig das ſinnreichſte iſt, der Menſch mehr Blut beſitzt als irgend ein Thier.

Hinſichtlich der Mengenverhältniſſe der einzelnen Blutbeſtandtheile zeigen die Thiere große Unterſchiede, welche der Verſchiedenheit der Arten entſprechen. Es eröffnet ſich hier ein weites Gebiet der Forſchung, auf dem erſt wenige Thatſachen die Geltung vernünftiger Geſetze gewonnen haben. Allein auch dieſe Anfänge ſind der Beachtung werth.

Im Allgemeinen beſitzen die Vögel, aber auch die Amphibien und die Fiſche weniger Eiweiß in ihrem Blut als die Säugethiere.

---

1) Vgl. Lehmann, a. a. O. Bd. II. S. 178, 179.

Nur iſt dies leider eine Regel, von welcher ſehr erhebliche Ausnahmen bekannt ſind. So fand Simon den allerhöchſten Eiweißgehalt im Blut der Kröte, Prévoſt und Dumas eine ſehr hohe Zahl beim Aal, und in der Reihe der beiden letztgenannten Forſcher macht auch die Ente eine Ausnahme von der Regel, die ſonſt auf das Blut der Vögel die beſtändigſte Anwendung findet [1]). Unter den Säugethieren ſelbſt zeichnet ſich das Pferdeblut durch einen hohen Eiweißgehalt aus (Prévoſt und Dumas, Simon).

Der Faſerſtoff iſt nach Berthold und Naſſe im Blut der Vögel reichlicher vertreten als in dem der Säugethiere und bei dieſen nach Naſſe und Simon wieder viel reichlicher als bei den kaltblütigen Wirbelthieren [2]). Unter den Säugethieren übertrifft das Blut der Pflanzenfreſſer durch ſeinen Faſerſtoffgehalt das der Fleiſchfreſſer, ein Beiſpiel, das in ſehr einleuchtender Weiſe den die Nahrung überwindenden Einfluß der Art bekundet. — Uebrigens fehlt der Faſerſtoff auch den wirbelloſen Thieren nicht. Schmidt ſah blaſſe Faſerſtoffgerinnſel im Blut der Teichmuſchel.

Wegen der unzuverläſſigen Scheidung des Globulins und des Farbſtoffs beziehen ſich die Angaben der Mengenverhältniſſe dieſer Stoffe gewöhnlich auf die Blutkörperchen im Ganzen. Durch den Reichthum derſelben ſteht das Schwein obenan, dann folgen die Vögel, welche die Mehrzahl der Säugethiere übertreffen. Den Säugethieren ſtehen die Amphibien näher als die Fiſche; die Landſchildkröte nähert ſich den Vögeln nicht nur in ihrem ganzen Bau, ſondern auch im Reichthum an Körperchen (Prévoſt und Dumas). R. Wagner ſtellt viele Ringelwürmer in Eine Reihe mit den Amphibien. In nachſtehender Reihenfolge fand er aber allemal das Blut der ſpäter genannten Gruppe ärmer an Körperchen: Aſcidien und Cephalopoden, die höheren Kruſtenthiere, die Inſekten und Arachniden, die Acephalen — mit Ausnahme der Aſcidien —, die Cephalophoren und die niederen Kruſtenthiere.

So weit wir Beſtimmungen der Globulinmengen (Simon) und des Hämatins (Naſſe) einzeln beſitzen [3]), ſtimmen dieſelben im

1) Vgl. Naſſe's erſchöpfende Monographie, S. 146.

2) Ebendaſelbſt, S. 144.

3) Ebendaſelbſt, S. 137, 138.

Allgemeinen mit jenen Angaben für die Blutkörperchen überein. E. J. W. von Baumhauer fand indeß einen höheren Hämatingehalt im Blut des Ochſen als irgend ein anderer Forſcher in dem Blute von irgend einem anderen Thier (25,19 in 1000 Th.), ob er gleich das Hämatin ſorgfältig von den begleitenden Eiweißſtoffen trennte [1]).

Mit dem Reichthum an Hämatin hält die Dunkelheit der Blutfarbe ziemlich gleichen Schritt. So iſt das Blut der Schweine das dunkelſte von allen, aber auch das der Ochſen, welches mehr Hämatin enthält als das der Menſchen, iſt dunkler als dieſes. Die hellſten Blutarten unter den Säugethieren, die der Schaafe, Katzen und Ziegen, beſitzen auch am wenigſten Hämatin [2]).

Eine ſehr große Verſchiedenheit zeigt der Fettgehalt des Bluts verſchiedener Thiere. Die Vögel enthalten durchſchnittlich weniger Fett als die Säugethiere. Jedoch bei den Vögeln fand Naſſe [3]) gerade die allergrößten Schwankungen. Unter den Säugethieren übertreffen die Fleiſchfreſſer und die von gemiſchter Koſt lebenden die Pflanzenfreſſer. In dem Blut von Hunden und Schweinen fand Naſſe den Fettgehalt ziemlich gleich. Das Blut der Pferde enthält weniger Fett als das der Hunde, am wenigſten aber das Blut von Schaafen und Ziegen. Simon erhielt aus Ochſenblut viel mehr, Poggiale ziemlich gleich viel [4]), E. J. W. von Baumhauer viel weniger Fett als Naſſe in dem Blut der Hunde. Von Baumhauer fand ſogar beim Ochſen weniger (0,19) als Naſſe bei Ziegen und Schaafen (0,5 — 1,0 in 1000 Th.). Nach Lehmann [5]) wäre das Blut der Raupen das fettreichſte von allen.

In dem Blut von Raupen gelang es Lehmann bisweilen auch Zucker nachzuweiſen. Sofern man aus den oben (S. 251) mitgetheilten Zahlen Schmidt's einen allgemeinen Schluß zu ziehen berechtigt iſt, ſcheint das Blut der Fleiſchfreſſer (Hunde, Katzen) mehr Zucker zu führen als das der Pflanzenfreſſer (Rinder).

---

1) Mulder, Scheikundige onderzoekingen, Deel I. p. 519, 520.

2) Naſſe, a. a. O. S. 76, 138.

3) Ebendaſelbſt, S. 164.

4) Erdmann und Marchand, Journal für praktiſche Chemie, Bd. XLIII. S. 294.

5) Lehmann, a. a. O. II. S. 248.

In dem Waſſergehalt ſtehen nach Naſſe's Beſtimmungen [1]) die Vögel den Säugethieren nach; dem entſprechend beſitzt das Blut der Vögel durchſchnittlich ein höheres ſpecifiſches Gewicht als das der Säugethiere. Um überhaupt zu zeigen, wie nahe das ſpecifiſche Gewicht mit dem Waſſergehalt in umgekehrter Richtung ſteigt und fällt, ſtelle ich hier die Zahlen für den Waſſergehalt und das ſpecifiſche Gewicht einer Reihe von Thieren zuſammen. Wo kein Name genannt iſt, haben wir die Beſtimmungen Naſſe zu verdanken [2]).

	Waſſergehalt.		Specifiſches Gewicht.	
Fiſche	865,3	Mittel aus 3 Beſtimmungen von Prévoſt und Dumas bei 3 verſchiedenen Arten.	1035	Mittel aus Davy's Beſtimmungen bei 7 Arten.
Froſch	884,6	Prévoſt und Dumas.	1040	J. Davy.
Ziege	848			
Schaaf	847	. . . . .	1042,5	
Kaninchen	821			
Pferd	820			im Mittel 1052,3
Katze	807			
Ochs	793	. . . . .	1054,5	
Hund	791			
Schwein	773	. . . . .	1060	
Taube	774			
Huhn	770	. . . . .	1054	(Gänſe, Truthähne, Hühner, Maximum 1065).

Man ſieht die Abweichungen ſind kaum der Rede werth. Und doch würden ſich ziemlich große Unterſchiede aus dem ſchwankenden Fettgehalt des Bluts erklären laſſen. Das Blut der Ziegen und Schaafe iſt indeß ſo waſſerreich, daß es trotz ſeiner Fettarmuth das leichteſte unter den Säugethieren darſtellt. Aus dem Waſſerreichthum des Schaafbluts erklärt Schultz die größere Neigung des Serums deſſelben, ſich durch Löſung des Hämatins zu röthen.

---

1) Naſſe, a. a. O. S. 132.

2) Ebendaſelbſt, S. 82, 83, 132.

Uebrigens beſteht kein einfaches gerades Verhältniß zwiſchen der Menge des Waſſers im ganzen Blut und der Menge des Serums, die ſich über dem Kuchen anſammelt. Das Schaafblut giebt zwar ſehr viel, das Schweineblut ſehr wenig Serum, wie man es nach dem Waſſergehalt erwarten ſollte. Allein das Pferdeblut, das im Waſſerreichthum dem Schaafblut ſo nahe ſteht, liefert ſehr wenig, das waſſerärmere Hundeblut dahingegen ſehr viel Serum. Natürlich ſind hier die Mengen der Blutkörperchen und des Faſerſtoffs von großem Einfluß. Bei Schaafen und Ziegen iſt die Menge der Blutkörperchen gering, beim Pferde beinahe ſo groß wie beim Schwein.

Ich habe oben bereits bemerkt, daß nach Henneberg, Liebig und Enderlin im Blut des Ochſen und des Menſchen das Verhältniß des Natrons zum Kali ziemlich übereinſtimmt. Im Blut des Hammels fand Enderlin merkwürdiger Weiſe gar kein Kali, während ſich im Blut von Kälbern und Tauben die Kalimenge beinahe bis zur Hälfte des Natrons erhob [1]).

Das Blut der Teichmuſchel zeichnet ſich aus durch ſeinen Reichthum an Kalk. Nicht nur iſt das Eiweiß deſſelben meiſt an Kalk gebunden, ſondern es ſchießen beim Verdunſten Kryſtalle an, welche dem Gayluſſit ähnlich ſind und aus kohlenſaurem Kalk mit etwas kohlenſaurem Natron beſtehen (C. Schmidt).

Auf den Kupfergehalt des Bluts der verſchiedenen Abtheilungen der Weichthiere wurde bereits hingewieſen. Unter den Cephalophoren haben es Harleß und von Bibra im Blut der Weinbergſchnecke gefunden, unter den Acephalen bei den Aſcidien und endlich bei den Cephalopoden. Dem Blut der unterſuchten Kopfloſen und Kopffüßer fehlte das Eiſen.

Die Beobachtung Schmidt's, daß die phosphorſauren Salze vorzugsweiſe den Blutkörperchen angehören, findet eine ſehr hübſche Beſtätigung in Naſſe's Angabe, nach welcher das an Körperchen reiche Blut der Schweine, Gänſe, Hühner viel Phosphate enthält, während das Blut von Schaafen und Ziegen arm iſt an Blutkörperchen, ſo wie an phosphorſauren Salzen.

---

1) Enderlin, in Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXXV. S. 151.

§. 21.

Individualität, Alter, Geſchlecht und verſchiedene Lebenszuſtände äußern einen geſetzmäßigen Einfluß auf die Miſchung des Bluts, der zum Theil für die einzelnen Beſtandtheile in Zahlen ermittelt iſt.

Wenn ich hier Lecanu's Angabe niederſchreibe, daß das lymphatiſche Temperament ſich durch ein waſſerreiches Blut auszeichne mit weniger Blutkörperchen und mehr Eiweiß als das ſanguiniſch-choleriſche beſitzt, ſo geſchieht es weniger, weil ich glaube, daß damit jene Hauptunterſchiede der Individualität bereits auf eine ſichere ſtoffliche Grundlage zurückgeführt ſeien, als zum Wahrzeichen, daß weſentliche Unterſcheidungen menſchlicher Gemüthsanlagen noch ihrer ſtofflichen Begründung harren.

Die alten Aerzte ſchrieben fetten Menſchen wenig Blut zu. Schultz giebt an, daß er die Blutmenge bei einem gemäſteten Ochſen um 20—30 Pfund geringer fand, als bei mageren Thieren. Valentin hat jedoch bemerkt, daß fette Körper mehr Blut in den Haargefäßen zurückhalten.

Hinſichtlich der verſchiedenen Lebensalter beſitzen wir eine lehrreiche Vergleichung des Bluts des Fötus mit dem des Mutterkuchens von Poggiale [1]). Nach dieſer Unterſuchung enthielt das Blut des Fötus weniger Waſſer, mehr Blutkörperchen und mehr Eiſen als das der Erwachſenen; Eiweiß und Fett zeigten keinen Unterſchied. Für die Jungen von Hunden, Katzen, Kaninchen und Tauben ſtellte ſich das Verhältniß in Betreff der Blutkörperchen als ein nicht beſtändiges heraus, was ſich ganz einfach daraus ergiebt, daß Poggiale nicht mit dem Blut Erwachſener überhaupt, ſondern mit dem Blut des Mutterkuchens verglichen hat (ſiehe unten Blut in der Schwangerſchaft). Naſſe [2]) fand im Blute neugeborener Kinder weniger Faſerſtoff als in dem Erwachſener, was ſich jedoch beim Kalb nicht beſtätigte. Zur Zeit der Geſchlechtsreife nimmt nach demſelben Forſcher der Faſerſtoff des Bluts zu, und bei alten Leuten ſah Naſſe der gewöhnlichen Behauptung entgegen keine Verminderung. Dénis fand im Blut Erwachſener weniger Eiweiß als in dem der Kinder, während

1) Berzelius, Jahresbericht, XXVIII. S. 496.

2) Naſſe, a. a. O. S. 143.

Simon bei Ochſen das umgekehrte Verhältniß beobachtet hat. Bemerkenswerth iſt es, daß der Faſerſtoff in verſchiedenen Lebensaltern verſchieden geartet zu ſein ſcheint; das Blut der Neugeborenen giebt nach Naſſe wenig Serum, weil ſich der Kuchen unvollkommen zuſammenzieht. Aus dem Blutkuchen der Erwachſenen wird mehr Serum ausgedrückt als aus dem der Greiſe [1]). Das Blut junger Hunde enthält mehr Fett als das von alten, ebenſo Kälberblut mehr als Ochſenblut (Naſſe). Simon dagegen fand bei Kälbern in 1000 Theilen 4,19, bei Ochſen 5,59 Fett. Becquerel und Rodier [2]) wollen das Choleſterin im Blut von Greiſen vermehrt gefunden haben, eine Beobachtung, die wegen der Kleinheit der Zahlen gewiß eine Beſtätigung wünſchenswerth macht. Ueber das Verhalten der anorganiſchen Beſtandtheile beſitzen wir nur Lehmann's Mittheilung, daß das Blut von Kindern weniger Salze führt [3]), und eine vereinzelte Angabe Enderlin's, nach welcher das Blut junger Thiere im Kaligehalt das Blut der alten beſtändig übertreffen ſoll [4]).

Weibliche Thiere beſitzen nach Valentin, mit dem jedoch Schultz für Ochſen nnd Kühe nicht übereinſtimmt, weniger Blut als die männlichen. Lecanu, Dénis und Simon fanden in dem Blut der Männer weniger Eiweiß als in dem der Frauen. Unterſchiede in Betreff des Gehalts an Faſerſtoff, die durch das Geſchlecht bedingt wären, ſind bisher nicht mit deutlichen Zahlen belegt. Indeß ſoll das Blut der Männer langſamer, zugleich aber feſter gerinnen als das der Frauen. Die Menge der Blutkörperchen iſt im Blut der Männer weit größer als bei den Frauen (Lecanu, Simon). Dagegen fand Becquerel das Frauenblut reicher an Fett. Im Waſſergehalt des Bluts der beiden Geſchlechter konnte Naſſe [5]) wenig Unterſchied beobachten; er giebt jedoch an, daß das Blut des Weibes mehr Serum liefert [6]), und in dem Serum fand C. Schmidt bei Frauen mehr Waſſer

---

1) Naſſe, ebendaſelbſt, S. 124.

2) Ebendaſelbſt, S. 164.

3) Lehmann, a. a. O. Bd. II. S. 245.

4) Enderlin, Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXXV. S. 152 in der Note.

5) Naſſe, a. a. O. S. 132.

6) Ebendaſelbſt, S. 124.

(917,15) als bei Männern (908,84). Ebenſo Becquerel und Rodier im ganzen Blut der Männer 779,0, der Frauen 791,1. Nach Lehmann's Angabe[1]) beträgt der Salzgehalt in 1000 Theilen des Serums der Männer etwas mehr (8,8), als in 1000 Theilen des Serums der Frauen (8,1). Durch den größeren Serumgehalt des Frauenbluts erklärt es ſich, daß dieſes trotzdem im Ganzen mehr lösliche Salze enthalten kann.

Vor dem Eintritt der monatlichen Reinigung haben Becquerel und Rodier und Naſſe ein Sinken der Blutkörperchen beobachtet.

In dem Menſtrualblut ſelbſt, das ſich durch Reichthum an Waſſer auszeichnet (etwa 840)[2]), iſt gar kein Faſerſtoff enthalten (Jul. Vogel, C. Schmidt, Lehmann).

Während nach Dénis das Eiweiß in der Schwangerſchaft ſich etwas vermindert, hat Naſſe eine bedeutende Faſerſtoffvermehrung in dieſer Zeit beobachtet[3]). Die Menge der Blutkörperchen nimmt ab (Becquerel und Rodier, Naſſe). Natalis Guillot und Felix Leblanc wollen neulich das Auftreten des Käſeſtoffs als etwas Eigenthümliches für das Blut ſtillender Frauen in Anſpruch nehmen[4]). So wahrſcheinlich eine Vermehrung dieſes Körpers, der regelmäßig im Blut vorkommt, während der Zeit der Milchabſonderung ſein mag, ſo haben doch jene Forſcher dieſelbe keineswegs erwieſen[5]). Milchiges, fettreiches Serum ſoll nach Naſſe bei ſchwangeren Frauen häufiger gefunden werden als ſonſt. Die Regel, daß Weiberblut durch die Menge des Serums das Männerblut übertrifft, erleidet für die Zeit der Schwangerſchaft eine Ausnahme (Naſſe)[6]). Trotzdem iſt das Blut während derſelben reicher an Waſſer, was hauptſächlich die Vermehrung des Faſerſtoffs und die Verminderung des Eiweißes erklären müßten.

---

1) Lehmann, a. a. O. Bd. II. S. 241. Es heißt wahrſcheinlich in Folge eines Schreibfehlers 8,8% und 8,1% ſtatt 8,8 p. M. und 8,1 p. M.

2) Lehmann, a. a. O. S. 251.

3) Naſſe, a. a. O. S. 143.

4) Gazette des hopitaux, 17. Octobre, 1850, p. 492.

5) Vgl. meine Mittheilung in Vierordt's Archiv für phyſiologiſche Heilkunde, 1851.

6) Naſſe, a. a. O S. 124.

In Betreff der anorganischen Bestandtheile will Enderlin nach der Niederkunft Veränderungen beobachtet haben. Nach seinen Bestimmungen, die man nur zahlreicher wünschen könnte, würde das Blut der Frau nach der Geburt des Kindes eine Vermehrung der Bittererde, eine Verminderung des Kalks und des Chlors zeigen. Die sehr bedeutende Zunahme des Eisens, welche Enderlin gefunden hat, entspricht der Steigerung der Blutkörperchen, die nach der Niederkunft stattfindet. Ich theile Enderlin's[1]) Zahlen hier mit, weil sie so deutlich sprechen, daß sie zu näherer Prüfung dringend auffordern müssen.

In 100 Theilen Asche.	Sechster Monat der Schwangerschaft.	1½ Monat vor der Niederkunft.	4 Monate nach der Niederkunft.	
			I.	II.
Kalk		2,44	1,62	1,63
Bittererde . .		0,70	1,62	1,57
Kochsalz[2]) . .	58,43	62,96	57,12	
Eisenoxyd . .	8,64	8,05	16,20.	

Enderlin hat in Einem Fall in der Blutasche einer stillenden Mutter einen großen Reichthum an Kali wahrgenommen. Im sechsten Monat der Schwangerschaft verhielt sich in der Asche des Serums das Natron zum Kali wie 100 : 1,6, 1½ Monat vor der Geburt wie 100 : 1,2, 4 Monate nach der Geburt endlich wie 100 : 5,8[3]).

Wenn in späteren Jahren die Regeln bei Frauen ganz ausbleiben, dann findet nach Becquerel und Rodier und nach Nasse von Neuem ein Sinken der Blutkörperchen statt.

---

1) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXXV, S. 152, 153.

2) Ich habe Enderlin's Zahlen für das Kochsalz in der Folgerung nur auf das Chlor bezogen, weil das Kali in der Asche nicht bestimmt war und alles Chlor von jenem Chemiker als Chlornatrium berechnet wurde.

3) A. a. O. S. 151.

§. 22.

Wenn die Nahrung reich iſt an Eiweißkörpern, dann nimmt der Eiweißgehalt des Serums zu[1]). Daſſelbe hatten früher ſchon Prout und Naſſe für den Faſerſtoff angegeben, deſſen Vermehrung im ganzen Blut bei eiweißreicher Diät am ſicherſten von Lehmann ermittelt wurde. Lehmann konnte in ſeinem Blut durch die Nahrung den Faſerſtoffgehalt von 2,29 bis auf 6,65 in tauſend Theilen ſteigern, das Eiweiß dagegen nur von 51,01 bis 62,75[2]). Naſſe hat in Folge großer Kochſalzgaben eine Verminderung des Faſerſtoffs[3]), Poggiale beim Zuſatz von Kochſalz zur Nahrung eine Vermehrung der Blutkörperchen beobachtet[4]).

Hinſichtlich des Fetts hat zwar Bouſſingault berichtet, daß die Menge deſſelben im Blut durch die Nahrung nicht verändert werde. Allein Naſſe ſah den Fettgehalt im Blut von Gänſen ſchwanken von 1,5 bis 70,8 in 1000 Theilen[5]).

Eine Steigerung des Waſſergehalts des Bluts durch aufgenommene Getränke ſcheint nur ſehr vorübergehend ſtattzufinden. Schultz behauptet zwar, daß in 1000 Theilen Ochſenblut das Waſſer bei reichlichem Trinken um 57 zunehmen kann; dagegen läugnet aber Dénis beim Menſchen jede Veränderung, und auch Naſſe ſchreibt der Aufnahme des Getränks einen geringen Einfluß auf die Dichtigkeit des Blutwaſſers zu[6]). Durch einen reichlichen Zuſatz von Kochſalz zur Nahrung findet eine Abnahme des Waſſergehalts ſtatt (Poggiale).

Einen ſehr großen Einfluß übt die Diät auf die Salze des Bluts. Die vortrefflichen Unterſuchungen, welche Verdeil in Liebig's Laboratorium verrichtete, haben gelehrt, daß Brod und Körner, die bekannt ſind durch ihren Reichthum an phosphorſauren Sal-

---

1) Naſſe, a. a. O. S. 198.

2) Vgl. Lehmann, Lehrbuch der phyſiologiſchen Chemie, erſte Ausgabe Bd. I. S. 191.

3) A. a. O. S. 144.

4) Poggiale, in Comptes rendus. 1848, XXV, p. 110.

5) Naſſe, a. a. O. S. 164.

6) Naſſe, a. a. O. S. 128. 131.

zen, die Menge der phosphorſauren Alkalien im Blut vermehren. Kräuter dahingegen verringern die Menge der Phosphate, während ſie eine anſehnliche Zunahme der kohlenſauren Salze bewirken. So ſtellte ſich je nach der Nahrung zwiſchen der Phosphorſäure und der Kohlenſäure ein umgekehrtes Verhältniß heraus. Aber auch Verdeil hat immer Kohlenſäure in der Aſche gefunden[1]).

Poggiale ſah durch reichlichen Kochſalzgenuß die Menge der Salze überhaupt und namentlich das Kochſalz im Blut zunehmen.

§. 23.

Damit man die quantitative Zuſammenſetzung des Bluts und des Chylus überblicken könne, ſtelle ich hier für die beiden Flüſſigkeiten Zahlen zuſammen, die wir für einen Pflanzenfreſſer und einen Fleiſchfreſſer beſitzen.

In 1000 Theilen.	Pferd[2]).		Katze. Naſſe.	
	Blut.	Chylus.	Blut.	Chylus.
Körperchen . . .	92,80	4,00	115,90	—[3])
Faſerſtoff . . .	2,80	0,75	2,40	1,3
Eiweiß	80,00	31,00	61,00	48,9[3])
Extractivſtoffe . .	5,20	6,25		
Fett	1,55	15,00	2,70	32,7
Chlornatrium . .	—	—	5,37	7,1
Alkalisalze . . .	6,70	7,00	1,63	2,3
Erdſalze	0,25	1,00	0,49	2,0
Eiſenoxyd . . .	0,70	Spuren	0,51	Spuren
Waſſer	810,00	935,00	810,00	905,7

1) Verdeil's Arbeit, eine der wichtigſten, die wir der Anregung Liebig's in dieſer Richtung verdanken, findet ſich in Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXIX, S. 94—97. Die ausführliche Mittheilung von Verdeil's Zahlen gehört der Phyſiologie der Nahrungsmittel.

2) Die Zahlen ſind die Mittel aus mehren Beſtimmungen, wie ſie von H. Naſſe (Art. Chylus S. 234) mitgetheilt wurden.

3) Beim Chylus der Katze hat Naſſe die Körperchen mit Eiweiß und Extractivſtoffen zuſammen beſtimmt.

Für die wirbellosen Thiere besitzen wir nur einige wenige Bestimmungen, die indeß schon jetzt lehrreich sind:

In 1000 Theilen.	Blut der Teichmuschel. C. Schmidt.	Blut der Weinbergschnecke. Harleß u. v. Bibra.
Feste Bestandtheile	8,54	145,18
Organische Stoffe	5,98	83,98
Anorganische Stoffe	2,56	61,20
Faserstoff . . .	0,33	—
Eiweiß	5,65	—
Kalk	1,89	—
Phosphorsaur. Natron Chlorcalcium . . Gyps	0,33	—
Phosphorsaurer Kalk	0,34	—
Kupferoxyd . . .	—	0,33

Die neuesten Untersuchungen der Blutasche sollen hier ebenfalls durch ein Paar Beispiele vertreten werden.

In 100 Theilen Asche.	Menschenblut Verdeil[1])	Hundeblut. (Fleischkost). Verdeil[1])	Schaafsblut. Verdeil[1])	Ochsenblut. Weber[2])	Ochsenblut. Stölzel[3])
Chlornatrium .	61,99	49,85	57,11	46,66	51,19
Natron . . .	2,03	5,78	13,33	31,90	12,41
Kali	12,70	15,16	5,29	7,00	7,62
Kalk	1,68	0,10	1,00	0,73	1,56
Bittererde . .	0,99	0,67	0,30	0,24	1,02
Eisenoxyd . .	8,06	12,75	8,70	7,03	10,58
Phosphorsäure .	9,35	13,96	5,21	4,17	5,66
Schwefelsäure .	1,70	1,71	1,65	1,16	5,16
Kieselsäure .	—	—	—	1 11	2,81
Kohlensäure .	1,43	0,53	7,09	—[4])	1,99

1) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXXV, S. 96, 94 und 95.

2) Die mitgetheilten Zahlen sind Weber's verbesserter Analyse entnommen, Poggendorff's Annalen, Bd. LXXXI, S. 410.

3) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXXVII. S. 259.

4) Weber giebt ausdrücklich an, daß nur deshalb keine Kohlensäure gefunden wurde, weil dieselbe beim Verbrennen der Kohle ausgetrieben ward.

Nasse fand, daß im Thierblut die Menge des Faserstoffs zu der des Alkalis in geradem Verhältniß steht, und er sah häufig auch im Menschenblut zugleich mit dem Faserstoff das Alkali vermehrt, ohne sich indeß für berechtigt zu halten, letzteres zur Regel zu erheben [1]).

§. 24.

Wenn man nun das Blut, wie dieses hier in seiner Mischung geschildert wurde, mit den allgemein verbreiteten Bestandtheilen der Pflanzen vergleicht, die als Mutterkörper der Thierwelt betrachtet werden dürfen, dann wird man alsbald gewahr, daß die Thiere, als Gattungsbegriff genommen, nur durch die Fettbildung an der Organisation der Materie fortarbeiten. Und selbst diese Arbeit theilen sie mit den Pflanzen.

Daher ist denn auch die Fettbildung aus den stärkmehlartigen Körpern das einzige erhebliche Beispiel, in welchem organische Stoffe im thierischen Organismus Sauerstoff verlieren. Es ragt hier gleichsam das Eigenthümliche des Stoffwechsels der Pflanzen in das Thierleben herein.

Aber diese Entwicklung von Fett aus stärkmehlartigen Verbindungen ist zugleich das Höchste, was die Thiere an ursprünglicher Erzeugung zu leisten vermögen. Alle übrige Entfaltungen der Materie laufen im Thier auf sehr geringfügige Umsetzungen der Stoffe oder auf eine Verbrennung hinaus.

Diese Verbrennung ist zwar die eigentliche Macht, welche die Bestandtheile des Bluts in Gewebe und Absonderungen, die Gewebe in Ausscheidungsstoffe überführt. Allein sie beginnt bereits bei der Bildung der wesentlichen Blutbestandtheile selbst. Unter Aufnahme von Sauerstoff geht das lösliche Eiweiß der Pflanzen in Faserstoff über, unter Aufnahme von Sauerstoff kann der Erbsenstoff thierisches Eiweiß- und Käsestoff und andere Eiweißkörper des Bluts liefern, die sich alle durch Armuth oder Mangel an Phosphor von ihm unterscheiden. Ein Theil des Phosphors wird zu Phosphorsäure verbrannt.

So verschlingen sich einerseits die ersten Ringe in der Kette des Thierlebens, mit den Trieben jener organisirenden Schöpferkraft,

1) Nasse, a. a. O. S. 160.

welche die Pflanzen als das blühende Reich der unbewußten Dichtung erſcheinen läßt. Andererſeits wird das Blut ſelbſt ſchon theilweiſe gebildet von dem Träger der Feuergluth, der zwar das Blut läutert zu dem Gewebe, deſſen Stoffwechſel die Gedanken bedingt, der aber auch Hirn und Blut wieder verbrennt zu den elementaren Verbindungen, aus denen ſich die knoſpende Pflanze verjüngt. Es iſt Tod in dem Leben und Leben im Tode. Dieſer Tod iſt kein ſchwarzer, ſchreckender. Denn in der Luft und im Moder ſchweben und ruhen die ewig ſchwellenden Keime der Blüthe. Wer den Tod in dieſem Zuſammenhang kennt, der hat des Lebens unerſchöpfliche Triebkraft erfaßt und mit ihr die ganze Fülle der göttlichen Dichtung, die unwandelbar ruht auf den Marmorſäulen der Wahrheit.

Viertes Buch.

Geſchichte der allgemein verbreiteten Beſtandtheile der Pflanzen innerhalb des Pflanzenleibes.

Viertes Buch.

Geſchichte der allgemein verbreiteten Beſtandtheile der Pflanzen innerhalb des Pflanzenleibes.

Einleitung.

Eiweißartige und ſtärkmehlartige Verbindungen ſehen wir in den Pflanzen überall und unter allen Verhältniſſen auftreten, in den niederſten Pilzen und Flechten ſo gut wie in unſeren Culturpflanzen. Die allgemein verbreiteten Glieder jener Gruppen werden unmittelbar aus den Nahrungsſtoffen der Pflanzen erzeugt. Sie ſind zugleich die Mutterkörper aller übrigen.

Indem die Pflanze in ihrem eigenen Leibe Fett und Wachs aus dem Stärkmehl und Zucker zu bereiten vermag, ſehen wir Eine Gruppe allgemein verbreiteter Pflanzenbeſtandtheile bereits zu den abgeleiteten Stoffen gehören.

Allein neben dem Fett und Wachs gehen aus den ſtärkmehlartigen Körpern und den Eiweißſtoffen der Pflanzen wichtige Reihen von ſtickſtofffreien und ſtickſtoffhaltigen Verbindungen hervor, die zwar zum Theil eine ziemlich weite Verbreitung in der Pflanzenwelt beſitzen, von welchen aber auch nicht eine einzige in allen Pflanzen nachgewieſen werden kann. Dieſe Verbindungen ſind deshalb ſchon häufig von Chemikern als beſondere Pflanzenbeſtandtheile den allgemein verbreiteten entgegengeſetzt.

Wenn die Mehrzahl der allgemein verbreiteten Stoffe, die aus den Nahrungsstoffen der Pflanzen entstehen, als ursprüngliche Bestandtheile betrachtet werden dürfen, so sind andererseits die besonderen, vielleicht nur mit einzelnen Ausnahmen, von jenen allgemein verbreiteten abgeleitet. Ja, wenn nicht die Fette und Wachsarten durch ihre Entstehung aus stärkmehlartigen Körpern eine wesentliche Ausnahme darstellten, so wäre es nicht unpassend, die allgemein verbreiteten Bestandtheile geradezu als ursprüngliche Pflanzenstoffe von den besonderen, abgeleiteten, zu unterscheiden.

Somit ist die Geschichte der einmal gebildeten allgemein verbreiteten Bestandtheile der Pflanzen innerhalb der Pflanzenwelt nichts Anderes als die Lehre jener besonderen Bestandtheile. Sie handelt von den Säuren, den Alkaloiden und indifferenten Stoffen, den Farbstoffen, den ätherischen Oelen und den Harzen.

Kap. I.

Die Säuren.

§. 1.

Pflanzenſäfte führen beinahe immer die eine oder die andere organiſche Säure, theils frei, theils an Baſen gebunden. Freie Säuren kommen am häufigſten im Saft der Früchte vor. Die Salze der organiſchen Säuren enthalten bald organiſche, bald anorganiſche Baſen. Beiſpiele des erſteren Falls laſſen ſich zwar in ziemlicher Anzahl aufführen, — ſo iſt die Gerbſäure in den Theeblättern nach Mulder an Theïn gebunden und ebenſo nach Payen die Kaffeegerbſäure in den Kaffeebohnen —, allein die Verbindung organiſcher Säuren mit Kali oder Kalk iſt doch ungleich häufiger.

Nach Schleiden finden ſich viele Säuren gewöhnlich in eigenen Höhlen, Secretionsbehältern, oder in den Milchſaftgefäßen, nicht dagegen in den Zellen [1]). Ausnahmen giebt Schleiden ſelbſt zu. Vom kleeſauren Kalk iſt es bekannt, daß er in der Regel in den Zellen enthalten iſt [2]). Ganz vorzugsweiſe ſind in alten Pflanzen aus der Familie der Cacteen Kryſtalle von kleeſaurem und weinſaurem Kalk in reichlicher Menge in den Zellen abgelagert. Die Zellen, welche ſolche Kryſtalle führen, ſind nach Mohl gewöhnlich dadurch ausgezeichnet, daß ſie keine andere körnige Gebilde, kein Chlorophyll oder Stärkmehl enthalten. Dies iſt jedoch nicht durchgreifende Regel. Bei vielen Urticeen, Morus, Ficus elastica findet man in beſonderen Zellen, die auf der oberen Blattſeite liegen, einen zapfenförmi-

---

1) Schleiden, Grundzüge der wiſſenſchaftlichen Botanik, zweite Auflage, Bd. I. S. 196.

2) Vgl. Schleiden, ebendaſelbſt, S. 165.

gen, aus Zellstoff bestehenden Vorsprung der Zellwand, welchem die Krystalle in Form einer Druse aufsitzen (Mohl [1]).

Es liegt nicht in der Absicht meiner Darstellung alle bisher bekannte oder auch nur alle genauer erforschte und allgemein wichtige Säuren zu beschreiben. Meine Auswahl wird vielmehr nur diejenigen treffen, die entweder durch ihre deutlich ausgeprägten Eigenschaften und unsere Kenntniß von ihrer Zusammensetzung zur chemischen Charakteristik und zur Besprechung der Constitution unentbehrlich sind, oder auch diejenigen, deren Entstehung unter Verhältnissen beobachtet wurde, die uns wenigstens Winke geben für eine dereinstige Entwicklungsgeschichte. Diese Entwicklungsgeschichte der Materie ist das Ziel der Physiologen, das sich freilich nur auf dem Wege der mühevollsten chemischen Forschung erreichen läßt. Wozu aber diese zu führen vermag, das wird man erst vollständig erkennen, wenn die Physiologie sich mehr und mehr bemüht, die chemischen Kenntnisse in ihrem Sinne zu verwenden. Von diesem Standpunkt wünsche ich alle Vorwürfe der Unvollständigkeit, die dem Chemiker so nahe liegen werden, abzuwehren, und dies nicht nur für die Säuren, sondern für alle übrige besondere Pflanzenbestandtheile, die hier zur Sprache kommen. Man versündigt sich nicht an der Erfahrung, wenn man mit dem Bewußtsein der bestehenden Lücken die vorhandenen Baustoffe als Entwicklungsglieder in das System des Stoffwechsels einzureihen sucht. Man gefährdet aber mit der Systematik zugleich die Empirie, wenn man die Thatsache nur als ein Geschehenes und nicht als ein Werdendes betrachtet.

§. 2.

Eine der meist verbreiteten und zugleich eine der einfachsten Pflanzensäuren ist unstreitig die Kleesäure. In reichlichster Menge ist sie in den **Rumex**- und **Oxalis**-Arten enthalten als zweifach kleesaures Kali, sodann als kleesaurer Kalk in den Wurzeln der Rhabarber, der **Saponaria**, **Gentiana**, **Bistorta**, **Tormentilla** und ganz vorzüglich in vielen Flechten, z. B. in **Parmelia**-Arten, in **Variolaria**

1) Mohl, die vegetabilische Zelle in R. Wagner's Handwörterbuch, Bd. IV. S. 210.

communis, die auf kalkichtem Boden wachsen. Schmidt hat in einer hübschen Arbeit, die ich schon oben anführte [1]), gezeigt, daß der kleesaure Kalk den einfachsten Zellenpflanzen, den Hefenzellen, angehört. Freie Kleesäure findet sich nach Schleiden im Saft der Crassulaceen, Ficoideen, Cacteen und anderen Saftpflanzen der Gärtner und in den Drüsenhaaren von Cicer arietinum [2]).

Krystallisirte Kleesäure wird nach Dulong ausgedrückt durch die Formel $C^2O^3 + 3HO$. Ihre Krystallform ist ein Prisma des klinorhombischen Systems, farblos, durchscheinend, glänzend.

Von kaltem Wasser und von wässerigem Weingeist wird die Kleesäure leicht gelöst, dagegen ist sie unlöslich in absolutem Alkohol und in Aether. Starke Schwefelsäure, von Wärme unterstützt, zerlegt die Kleesäure in Kohlensäure und Kohlenoxydgas, die in heftigem Brausen entweichen, ohne daß ein brauner Rückstand bleibt.

Nur die Alkalisalze der Kleesäure sind in Wasser löslich, das saure kleesaure Kali erfordert aber 40 Theile kalten Wassers um gelöst zu werden. In warmem Wasser löst sich dasselbe viel leichter.

Der kleesaure Kalk ist in Wasser unlöslich, bildet aber nach C. Schmidt mit Eiweiß ein lösliches Doppelsalz, den kleesauren Eiweißkalk. Dadurch kann der kleesaure Kalk, ebenso wie im Thierreich der phosphorsaure, mit dem Saft fortbewegt werden. Auf diese Weise ist nach Schmidt der kleesaure Kalk während der Zeit der kräftigsten Vegetation im Inhalt der Zellen gelöst. Die freien organischen Säuren, welche manche Pflanzensäfte führen, sind gewöhnlich viel zu verdünnt, um den kleesauren Kalk als solchen auflösen zu können [3]). Daher rührt es zum Theil, daß der kleesaure Kalk so außerordentlich häufig krystallisirt in der Pflanze gefunden wird.

Saures kleesaures Kali, das bekannte Sauerkleesalz krystallisirt in schiefen rhombischen Säulen, der kleesaure Kalk in quadratischen Oktaëdern und in rechtwinkligen vierseitigen Prismen.

Um die Kleesäure zu gewinnen wird der Saft des Sauerampfers oder des Sauerklees mit essigsaurem Bleioxyd versetzt. Dann fällt

---

1) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXI. S. 288 u. folg.

2) Schleiden, a. a. O. S. 164.

3) C. Schmidt, in Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXI. S. 297.

kleeſaures Bleioxyd nieder, das man gehörig wäſcht und mittelſt Schwefelwaſſerſtoff zerlegt. Die Löſung, welche die Säure enthält, wird vom Schwefelblei abfiltrirt und zur Kryſtalliſation abgedampft.

§. 3.

Die Weinſäure oder Weinſteinſäure hat ihren Namen von dem reichlichen Vorkommen in den Weintrauben, in welchen ſie mit Kali ein ſaures Salz, den ſogenannten Weinſtein bildet. Außerdem findet ſich die Weinſäure in Feigen, Maulbeeren, in den Beeren von Rhus Coriaria, in Rheum rhaponticum, in der Ananas. Die Beeren von Rhus typhinum, die Krappwurzel, die Knollen von Helianthus tuberosus, die Meerzwiebel von Scilla maritima, das Holz von Quassia amara enthalten die Weinſäure an Kalk gebunden.

In ihrer Zuſammenſetzung entſpricht die Weinſäure der Formel $C^4 H^2 O^5 + HO$ (Berzelius). Ihre Kryſtalle bilden ſchiefe rhomboidiſche Säulen, die ſich meiſt in druſenförmigen Platten an einander legen.

Kryſtalliniſch iſt die Weinſäure in kaltem Waſſer und in verdünntem Weingeiſt löslich, in abſolutem Alkohol und in Aether nicht. Wenn man ihr aber durch eine Wärme von 150—200° das Kryſtallwaſſer entzogen hat, dann wird ſie nur ſehr langſam in kaltem, raſcher in kochendem Waſſer gelöſt, indem ſie das verlorene Aequivalent Waſſer wieder aufnimmt.

So viel Kalkwaſſer als zur Sättigung der Weinſäure erforderlich iſt, fällt dieſelbe als ein kryſtalliniſches Pulver, das man durch Salmiak wieder löſen kann.

Die neutralen Alkaliſalze der Weinſäure ſind löslich in Waſſer; der Weinſtein, das ſaure weinſaure Kali, welches kleine glänzende, ſchiefe, rhomboidiſche Säulen bildet, löſt ſich nur um die Hälfte leichter als der Gyps in kaltem, dagegen in 18 Theilen kochenden Waſſers. Neutraler weinſaurer Kalk iſt unlöslich in kaltem und ſehr ſchwer löslich in ſiedendem Waſſer. Er kryſtalliſirt in regelmäßigen Oktaëdern oder in ſeidenglänzenden Nadeln.

Man bereitet die Weinſäure aus dem Weinſtein oder beſſer aus neutralem weinſaurem Kali, deſſen Löſung zu dieſem Behufe mit Chlorcalcium verſetzt wird. Der weinſaure Kalk wird durch Schwe-

felſäure zerlegt, die leicht lösliche Weinſäure vom ſchwer löslichen Gyps getrennt und durch Kryſtalliſation vollſtändig gereinigt.

Sehr eng an die Weinſäure ſchließt ſich die Traubenſäure, die in einigen Trauben neben der Weinſäure gefunden wurde. Sie war in Verbindung mit Kalk in den Trauben enthalten.

Nach der Analyſe von Berzelius wird die Traubenſäure durch $C^4 H^2 O^5 + 2 HO$ ausgedrückt, ſo daß ſie ſich nur durch 1 Aeq. Kryſtallwaſſer von der Weinſäure unterſcheiden würde. Sie kryſtalliſirt in großen durchſichtigen Prismen des ſchiefen rhomboidiſchen Syſtems.

Die Traubenſäure löſt ſich leicht in kaltem Waſſer, wenig in verdünntem Weingeiſt, faſt gar nicht in Alkohol und Aether.

Von der Weinſäure unterſcheidet ſich die Traubenſäure hauptſächlich dadurch, daß ſie, mit Kalkwaſſer geſättigt, einen in Salmiak unlöslichen, kryſtalliniſch pulverigen Niederſchlag giebt.

Schon in der Einleitung iſt Paſteur's lehrreiche Entdeckung erwähnt worden, daß man durch Bereitung eines Doppelſalzes der Traubenſäure mit Natron und Ammoniak oder mit Kali und Natron zweierlei hemiedriſche Kryſtalle erhält, welche durchaus die gleiche Form beſitzen, nur daß bei der einen die hemiedriſchen Flächen zur Linken, bei der anderen zur Rechten liegen. Aus dieſen Kryſtallen laſſen ſich zwei Säuren abſcheiden, welche ganz gleiche Eigenſchaften beſitzen. Dieſe Säuren kryſtalliſiren auch hemiedriſch, beſitzen aber die hemiedriſchen Kryſtallflächen auf entgegengeſetzten Seiten, und während die eine den polariſirten Lichtſtrahl nach links ablenkt, dreht ihn die andere nach rechts.

Die rechtsdrehende Säure iſt nach Paſteur durchaus gleich der Weinſäure.

Werden die beiden Säuren zuſammen in Waſſer gelöſt, dann entſteht nach Paſteur wieder die urſprüngliche Traubenſäure, ſo daß man annehmen muß, die letztere beſtehe von vorn herein aus einer rechtsdrehenden und einer linksdrehenden Säure [1]).

---

1) Paſteur in den Annales de chim. et de phys. 3e sér. T. XXVIII. p. 72 und folg. Vgl. oben die Einleitung.

§. 4.

Noch weiter verbreitet als die Weinsäure dürfte die Aepfelsäure sein, wenigstens in Früchten. Sie findet sich nicht nur in Aepfeln und Birnen, in Aprikosen und Pfirsichen, sondern auch in den verschiedensten Beeren, sodann in den Kartoffeln, in den Knollen von Helianthus tuberosus, in den Mohrrüben, den Wurzeln von Lathyrus tuberosus und vielen anderen Wurzeln, in den Spargeln, in Sempervivum tectorum und in den grünen Theilen der meisten Gemüsepflanzen. Am reichlichsten ist sie in den Vogelbeeren vertreten, deren organische Säure anfangs für eine eigene (Spiersäure, acide sorbique) gehalten wurde, bis Braconnot ihre Uebereinstimmung mit der Aepfelsäure nachwies [1]).

Man hat die Aepfelsäure hin und wieder als eine zweibasische Säure betrachtet. Hagen hat diese Anschauungsweise gestützt auf den Wassergehalt des äpfelsauren Kalks, des Zink- und des Natronsalzes. Es ist indeß von Delffs [2]) auf überzeugende Weise dargethan, daß Hagen's Analysen die zweibasische Natur der Aepfelsäure nicht beweisen können. Die Zahlen, welche Hagen für das äpfelsaure Zinkoxyd gefunden hat, stimmen gar nicht zu seiner Voraussetzung. Von dem Kalk- und dem Strontian-Salz hat Hagen aber bloß den Kalk und den Strontian, nicht aber die Säure oder das Wasser bestimmt. Die Aepfelsäure wurde nach der Sättigungscapacität berechnet, und sodann Aepfelsäure plus Basis von dem ganzen Gewicht abgezogen. Delffs hat so klar gezeigt, daß Hagen bei der Kalkbestimmung einen Verlust, bei der Strontianbestimmung einen Ueberschuß gehabt haben muß, daß sich daraus der Wassergehalt der Salze, wie ihn Hagen in seinen Formeln annahm, als unrichtig ergiebt. Bringt man die nothwendige Verbesserung von Hagen's Zahlen für Kalk und Strontian in Rechnung, dann erhält man für das erstere Salz den Ausdruck $CaO + C^4H^2O^4 + 2HO$, für das zweite die Formel $SrO + C^4H^2O^4 + 2HO$.

Deshalb betrachte ich mit Delffs die Aepfelsäure als einbasisch. Da sich nun in neuerer Zeit immer wahrscheinlicher herausstellt, daß

---

1) Liebig, Handbuch der organischen Chemie, Heidelberg 1843. S. 310.

2) Delffs, über den angeblich zweibasischen Charakter der Aepfelsäure, in dem Jahrbuch für praktische Pharmacie, Bd. XII. S. 243.

alle diejenigen organischen Säuren, von denen man glaubte, daß sie mehr als Ein Aequivalent Basis zu ihrer Sättigung erfordern, entweder complex, oder, wie die Aepfelsäure, in ihren Salzen nicht richtig berechnet sind, so neige ich zu der Ansicht, daß die meisten, wo nicht alle organische Säuren, die man jetzt als polybasisch betrachtet, für complexe Säuren zu halten seien. Aus diesem Grunde nannte ich oben (S. 12) die Quellsäure und die Quellsatzsäure complex.

Nach den obigen Formeln und Liebig's Elementaranalysen ist $C^4 H^2 O^4 + HO$ der wahre Ausdruck für die krystallisirte Aepfelsäure, nicht $C^8 H^4 O^8 + 2HO$. Liebig erhielt die Aepfelsäure in körnigen, undeutlich krystallinischen Krusten. Unter der Abdampfungsglocke krystallisirt dieselbe sehr schwierig in feinen, zu rundlichen Gruppen vereinigten Prismen [1]).

In Wasser ist die Aepfelsäure so leicht löslich, daß sie an der Luft zerfließt, und auch von Weingeist und Aether wird sie in großer Menge aufgenommen.

Man kann die wässerige Lösung der Aepfelsäure mit Kalkwasser sättigen, und es entsteht weder in der Kälte noch in der Wärme ein Niederschlag. Hieraus ergiebt sich, daß der äpfelsaure Kalk in Wasser ebenso gut löslich ist, wie die äpfelsauren Alkalien.

Zur Darstellung der Aepfelsäure werden die nicht ganz reifen Vogelbeeren von Sorbus aucuparia benutzt. Der geklärte Saft wird mit essigsaurem Bleioxyd gefällt. Anfangs ist der Niederschlag käsig, nach einiger Zeit gewinnt er ein krystallinisches Ansehen, und es läßt sich dann durch Schlemmen der krystallinische Theil von dem käsig schleimigen trennen. Das äpfelsaure Bleioxyd ist in Wasser löslich, wird durch Schwefelwasserstoff zersetzt und nach der Filtration wird die Lösung der Säure mit Baryt gesättigt. Dadurch werden die verunreinigende Weinsäure und Citronensäure niedergeschlagen. Den äpfelsauren Baryt läßt man krystallisiren, zerlegt dann die Lösung desselben durch Schwefelsäure und reinigt endlich die ausgeschiedene Säure so gut als möglich durch Krystallisation.

---

1) Delffs, die reine Chemie in ihren Grundzügen; zweite Auflage, zweiter Theil, S. 112.

§. 5.

Die Citronensäure verdankt ihren Namen den Beeren der Citrus-Arten, in welchen sie in der reichlichsten Menge enthalten ist. Außerdem findet sie sich aber in zahlreichen Beeren, unter den Steinfrüchten in den Sauerkirschen, den Traubenkirschen, im Safte von Helianthus annuus, Allium Cepa und in zahlreichen anderen Pflanzen. Ueberhaupt können Citronensäure, Apfelsäure und Weinsäure in verschiedenen Pflanzentheilen vereinigt vorkommen, und dies ist nicht eben selten der Fall.

Aus der Elementaranalyse von Berzelius ist für die Citronensäure die Formel $C^4\ H^2\ O^4 + HO$ abgeleitet worden. Diese Formel ist an Krystallen gefunden, welche aus einer heiß gesättigten Lösung der Citronensäure angeschossen waren. Solche Krystalle geben bei 100° kein Wasser ab. Läßt man dagegen eine kalt gesättigte Lösung der Citronensäure freiwillig verdunsten, dann entstehen glänzende, durchsichtige, rhombische Prismen, die bei der Elementaranalyse zur Formel $C^4\ H^2\ O^4 + 1\frac{1}{3}\ HO$, oder weil von $\frac{1}{3}$ Aequivalent nicht die Rede sein kann, zu dem Ausdruck $C^{12}\ H^6\ O^{12} + 4\ HO$ führen. Wenn diese letzteren Krystalle bei 100° getrocknet werden, dann verlieren sie die Hälfte ihres Wassergehalts, so daß sie der Formel $C^{12}\ H^6\ O^{12} + 2\ HO$ entsprechen. Liebig betrachtete nun die Citronensäure als $C^{12}\ H^5\ O^{11} + 3\ HO$ und hielt dieselbe für eine dreibasische Säure.

Allein Berzelius sah beim Erhitzen der citronensauren Alkalien bis zu 200° oder des citronensauren Silberoxyds bis zu beinahe 100° Aconitsäure entstehen, so daß er ein Gemisch von dieser und unzersetzter Citronensäure vor sich hatte. Er erklärte deshalb die Citronensäure für eine complexe Säure. Nur könnte dieselbe nicht aus Citronensäure und Aconitsäure bestehen, wenigstens wäre dadurch die Unregelmäßigkeit des Wassergehalts nicht erklärt und die Annahme der Polybasie nicht widerlegt. So wahrscheinlich also mir selbst die complexe Natur der Citronensäure dünkt, so ist doch die Art und Weise ihrer Zusammensetzung aus mehren Säuren noch keineswegs erkannt und durch jenen Uebergang in Aconitsäure um so weniger befriedigend beleuchtet, da bei dem Erhitzen der Citronensäure außer der Aconitsäure auch noch Itaconsäure ($C^5\ H^2\ O^3 + HO$) und die mit letzterer isomere Citraconsäure entstehen.

Waſſer löſt die Citronenſäure ſehr leicht auf, ziemlich leicht auch Alkohol und Aether. Die Sättigung mit Kalk erzeugt in der Kälte nicht, in der Wärme aber wohl einen weißen, kryſtalliniſchen Niederſchlag. Es iſt dieß eins von den ſeltneren Beiſpielen, in welchen ein Körper in warmem Waſſer ſchwerer gelöſt wird als in kaltem.

Während alſo der citronenſaure Kalk in warmem Waſſer ſchwer löslich iſt, ſind es die citronenſauren Alkalien leicht in der Wärme wie in der Kälte.

Die Citronenſäure wird aus dem Saft der Citronen oder aus Preißelbeeren gewonnen. Zu dem Ende wird der Saft geklärt und mit kohlenſaurem Kalk geſättigt. Der citronenſaure Kalk wird mit heißem Waſſer gewaſchen, durch Schwefelſäure zerlegt, und die Säure durch Kryſtalliſation gereinigt.

§. 6.

Aus den neueſten Unterſuchungen Baup's hat ſich mit Beſtimmtheit ergeben, daß die Aconitſäure weiter verbreitet iſt, als man früher gewußt hat. Sie findet ſich nicht nur in Aconitum Napellus, ſondern wie dies ſchon wiederholt vermuthet wurde, ebenſo in den Equiſetaceen, z. B. in Equisetum fluviatile, und die Equiſetſäure ſowohl wie die Brenzgallusſäure ſind nach Baup ganz gleich der Aconitſäure [1]).

Die Aconitſäure wird nach L. A. Buchner bezeichnet durch $C^6HO^3 + HO$. Sie bildet eine weiße, warzig kryſtalliniſche Maſſe.

In Waſſer, Alkohol und Aether iſt die Aconitſäure löslich. Sie iſt nicht flüchtig; bei gelinder, allmäliger Steigerung der Wärme ſchmilzt ſie, indem ſie ſich bräunt.

Nach Baup wird die Löſung der Säure gefällt durch ſalpeterſaures Queckſilberoxydul und durch eſſigſaures Bleioxyd, nicht dagegen durch ſalpeterſaures Bleioxyd oder ſalpeterſaures Silber. Wenn indeß die Säure ganz oder zum Theil durch Baſen geſättigt iſt, dann entſteht auch durch die beiden letztgenannten Prüfungsmittel ein reichlicher, weißer Niederſchlag. Durch Eiſenoxydſalze nimmt die freie

1) Erdmann's Journal für praktiſche Chemie, Bd. LII, S. 52 u. folg.

Aconitſäure eine röthliche Farbe an, und ihre neutralen und ſauren Salze erzeugen mit dem Eiſenoxyd einen rothen, gallertartigen, flockigen Niederſchlag.

Die neutralen und die ſauren aconitſauren Alkalien löſen ſich im Waſſer, von den ſauren am leichteſten die zweifach ſauren. Es iſt nämlich eigenthümlich für die Aconitſäure, daß ſie mit Kali und Ammoniak nicht nur zweifach, ſondern auch dreifach ſaure Salze bildet, nach den Formeln

$$KO + 3\,C^4HO^3 + 2\,HO$$

und $NH^4\,O + 3\,C^4HO^3 + 2\,HO$ [1]). Baup hebt hervor, daß dieſes Beiſpiel, welches an Serullas' dreifach jodſaures Kali erinnert, in der organiſchen Chemie das erſte ſeiner Art iſt.

Aconitſaurer Kalk, der in dem Safte von **Aconitum Napellus** in beträchtlicher Menge zugegen iſt, und die aconitſaure Bittererde, welche in **Equisetum fluviatile** reichlich vorkommt, ſind in Waſſer ſchwer löslich, jedoch nicht ſo ſchwer, daß Kalk- oder Bittererde-Salze in den Löſungen aconitſaurer Alkalien einen Niederſchlag erzeugten. Erſt wenn man eine dichte Kalklöſung mit einem aconitſauren Alkali längere Zeit ſtehen läßt oder abdampft, bilden ſich kurze glänzende Säulen von aconitſaurem Kalk, die in Waſſer ſehr ſchwer löslich ſind [2]).

Man erhält die Aconitſäure, wenn man den Saft von **Equisetum fluviatile** mit eſſigſaurem Bleioxyd fällt, und nach Vertheilung des Niederſchlags in einer gehörigen Menge Waſſer die Bleiverbindung durch Schwefelwaſſerſtoff zerlegt. Die Löſung der Säure muß bei gelinder Wärme abgedampft werden. Nach einigen Tagen bilden ſich weiße, warzenähnliche Kryſtallkruſten, welche durch Behandlung mit Aether gereinigt werden. Der Aether läßt nämlich anhängenden aconitſauren Kalk und aconitſaure Bittererde ungelöſt zurück.

---

1) Baup ſchreibt ſtatt letzterer Formel mit Unrecht $NH^3 + C^4\,HO^3 + 3HO$, vgl. ſeine oben angeführte Arbeit. S. 56.

2) Liebig, Handbuch der organiſchen Chemie, S. 272.

§. 7.

Daß der Bernstein, wie schon so lange vorher vermuthet ward, wirklich von vorweltlichen Coniferen herstammt, läßt sich als unzweifelhaft betrachten, seitdem man die Bernsteinsäure in dem Harze mehrer jetzt lebender Nadelhölzer aufgefunden hat. Zwenger fand die Bernsteinsäure auch in Artemisia Absynthium [1]).

D'Arcet gab der Bernsteinsäure, welche in feinen seidenglänzenden Nadeln oder in durchscheinenden, schwach glänzenden, schiefen rectangulären Prismen krystallisirt, die Formel $C^4\ H^2\ O^3 + HO$.

Krystallisirte Bernsteinsäure ist leicht in kaltem, noch reichlicher in kochendem Wasser löslich. Auch in Alkohol und Aether wird sie gelöst.

Bernsteinsaure Alkali- und Erdsalze sind löslich in Wasser. Sie geben mit Eisenchlorid einen hellbraunen Niederschlag, der viel Raum einnimmt und leicht in Salzsäure gelöst wird, mit Kupferoxydsalzen ein grünlich blaues, krystallinisches Pulver, das in Essigsäure löslich ist, mit salpetersaurem Queckſilberoxyd endlich ein krystallinisches Pulver, welches im Ueberschuß des Fällungsmittels nicht wieder aufgenommen wird.

Aus den Harzen der Nadelhölzer läßt sich Bernsteinsäure gewinnen, indem man dieselben der trocknen Destillation unterwirft. Die Bernsteinsäure läßt sich nämlich unzersetzt verflüchtigen. Es hängen ihr aber nach dem Destilliren noch andere brenzliche Stoffe an, die sich durch Salpetersäure in der Wärme entfernen lassen. Die Säure wird durch Umkrystallisiren gereinigt. Viel reichlicher ist die Menge, welche man aus dem Bernstein erhält.

§. 8.

Die Ameisensäure, welche man als ein Erzeugniß der Umwandlung thierischer Stoffe kannte, bevor sie im Pflanzenreich nachgewiesen wurde, kommt in den Nadeln vieler Pinus-Arten, in Wachholderbee-

1) Delffs, a. a. O. S. 116.

ren [1]), und nach Brendel und von Gorup-Beſanez in den Brennneſſeln vor. Will und Lucas wieſen durch die mikroſkopiſche Unterſuchung nach, daß die Säure in den Haaren der Urtica-Arten ihren Sitz hat [2]).

Der Ameiſenſäure gehört die Formel $C^2HO^3 + HO$. Die Säure iſt äußerſt flüchtig, beſitzt einen ſtark ſauren Geruch und einen brennenden Geſchmack und kryſtalliſirt unter 0° in glänzenden Blättchen.

Mit Waſſer, Alkohol und Aether läßt ſich die Ameiſenſäure leicht miſchen.

Alle ameiſenſaure Salze ſind löslich in Waſſer. Das hervorragendſte Merkmal derſelben iſt die kräftige Reduction, welche ſie gegen Silber- und Queckſilber-Salze bethätigen.

Brendel hat die Ameiſenſäure mit von Gorup-Beſanez dargeſtellt, indem er fünf Pfund friſcher Brennneſſeln mit Waſſer deſtillirte. Die übergegangene Flüſſigkeit wurde mit kohlenſaurem Natron geſättigt, abgedampft, mit verdünnter Schwefelſäure verſetzt und wieder deſtillirt. Das ſaure Deſtillat wurde mit kohlenſaurem Kalk digerirt und dann filtrirt. Die durchs Filter gehende Flüſſigkeit iſt eine Löſung von ameiſenſaurem Kalk, aus welcher man die Ameiſenſäure gewinnt durch Deſtillation mit verdünnter Schwefelſäure.

§. 9.

Die Benzoëſäure findet ſich im Harz von Styrax Benzoin; ob ſie in der Pflanze fertig gebildet iſt, unterliegt gerechtem Zweifel.

Ihre Zuſammenſetzung wird ausgedrückt durch die Formel $C^{14} H^5 O^3 + HO$ (Liebig und Wöhler). Für die Conſtitution der Benzoëſäure iſt es lehrreich, daß dieſelbe aus Bittermandelöl ($C^{14} H^6 O^2$) durch Aufnahme von Sauerſtoff entſtehen kann. Aus

$$C^{14} H^6 O^2 + 2O \text{ wird } C^{14} H^5 O^3 + HO.$$

Kryſtalliſirt ſtellt die Benzoëſäure glänzende, durchſcheinende

1) Lehmann, a. a. O. Bd. I. S. 54.

2) Erdmann und Marchand, Journal für prakt. Chemie, Bd. XLVIII, S. 192.

Blättchen und Nadeln dar, die 200 Theile kalten und 25 Theile kochenden Wassers erfordern, um gelöst zu werden, dagegen in Alkohol und Aether viel leichter löslich sind.

Eisenchlorid fällt die in Wasser löslichen benzoësauren Alkalien und Erden röthlich weiß, schwefelsaures Kupferoxyd graublau, beide in großen Flocken. Durch salpetersaures Queckſilberoxyd entsteht ein weißer Niederschlag, der sich im Ueberschuß des Prüfungsmittels löst.

Man bereitet die Benzoësäure aus dem Benzoëharz durch Sublimation.

§. 10.

In dem Saft von **Myrospermum peruiferum, M. toluiferum, Liquidambar styraciflua** ist die Zimmtsäure enthalten. Ihre Formel ist nach **Dumas** $C^{18}\,H^{7}O^{3} + HO$.

Die Zimmtsäure krystallisirt in durchsichtigen, schief rhomboidischen Tafeln oder in feinen, seidenglänzenden Nadeln. Sie läßt sich unzersetzt verflüchtigen. Ihre Löslichkeitsverhältnisse stimmen mit denen der Benzoësäure überein, nur wird sie noch schwerer von Wasser aufgenommen.

Zimmtsaure Alkali- und Erdsalze sind in Wasser löslich. Durch neutrales Eisenchlorid werden sie citronengelb, durch schwefelsaures Kupferoxyd bläulich weiß, durch salpetersaures Queckſilberoxyd weiß gefällt, immer in großen Flocken. In einem Ueberschuß des Prüfungsmittels wird der durch schwefelsaures Kupferoxyd entstandene Niederschlag nur wenig, der durch salpetersaures Queckſilberoxyd gebildete beim Zusatz von Wasser langsam gelöst. Die wesentlichste Unterscheidung von der Benzoësäure liegt jedoch darin, daß die Zimmtsäure bei der Erwärmung mit Schwefelsäure und saurem chromsaurem Kali Bittermandelöl liefert.

Um die Zimmtsäure zu gewinnen, löst man Perubalsam in Kalilauge unter gelinder Erwärmung. Dann schwimmt nach einiger Zeit gelbliches Perubalsamöl oben auf, welches man durch Destillation reinigt. Dieses Oel wird in Weingeist gelöst und mit einer weingeistigen Kalilösung vermischt. Dann erstarrt das zimmtsaure Kali glimmerartig. Die Säure wird durch Chlorwasserstoff ausgeschieden und durch Umkrystallisiren aus Alkohol gereinigt.

§. 11.

Zwei Säuren, die in der Natur viel häufiger vorkommen als die Benzoëſäure oder die Zimmtſäure, und die wegen der nahen Beziehung, in welcher ſie zu einander ſtehen, zuſammen behandelt zu werden verdienen, ſind die Gerbſäure — Eichengerbſäure — und die Gallusſäure. Am häufigſten tritt die Gerbſäure in Rinden auf, zumal in denen der verſchiedenſten Quercus-Arten, aber auch in Blättern, z. B. in denen von Eichen und von Thea bohea, in Früchten, wie in Eicheln, Datteln, in den Beeren von Myrtus caryophyllata, in manchen öligen Samen[1]), in den Schalen vieler Trauben, in den Blüthen von Eugenia caryophyllata, im Holz und in der Wurzel der Eichen. Kurz ſie kann in allen Pflanzentheilen vorkommen. Am reinſten und reichlichſten findet ſie ſich jedoch in den Galläpfeln, Auswüchſen, die auf den jüngeren Zweigen von Quercus infectoria durch den Stich von Cynips Quercus infectoriae entſtehen.

Die Gerbſäure iſt häufig von der Gallusſäure begleitet. Weil aber die Gallusſäure aus Gerbſäure entſtehen kann, ſo wird es in vielen Fällen zweifelhaft, ob die Gallusſäure in den friſchen Pflanzentheilen fertig gebildet enthalten war. Avequin fand jedoch in den Mangoſamen der Mangifera-Arten viel Gallusſäure und wenig Gerbſäure[2]), und Stenhouſe erhielt fertig gebildete Gallusſäure aus den kleinen Zweigen des Sumachs, Rhus Coriaria, aus den Eicheln von Quercus aegilops (der ſogenannten Valonia), und aus den Samenkapſeln von Caesalpinia Coriaria, die unter dem Namen Dividivi im Handel bekannt ſind[3]). Nach Schloßberger's Angabe ſoll ſie in den Blüthen von Arnica montana, in Colchicum autumnale, Helleborus niger, Strychnos nux vomica, nach Schloßberger und Döpping in der Rhabarber fertig gebildet vorhanden ſein[4]).

Der Gerbſäure gehört die Formel $C^9\ H^3\ O^5 + HO$, der Gal-

---

1) Jac. Moleſchott, Phyſiologie der Nahrungsmittel, Darmſtadt 1850, S. 316.

2) Vgl. Büchner in Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LIII. S. 179.

3) Stenhouſe, ebendaſelbſt Bd. XLV, S. 9, 15, 17.

4) Schloßberger, Lehrbuch der organiſchen Chemie, Stuttgart 1850, S. 343.

lusſäure $C^7 H^3 O^5 + HO$ (Pelouze). Jene bildet eine nicht kryſtalliniſche, hellgelbliche Maſſe von glänzendem Bruch, die Gallusſäure dagegen kryſtalliſirt in weißen lockeren Nadeln.

Beide Säuren löſen ſich in Waſſer und in waſſerhaltigem Alkohol, in Aether dagegen nur in ſehr geringer Menge. Die Gallusſäure löſt ſich indeſſen in kaltem Waſſer bei Weitem nicht ſo leicht wie die Gerbſäure; 1 Theil Gallusſäure erfordert zur Löſung 100 Theile kalten Waſſers. Gerbſäure ſchmeckt in der Auflöſung rein zuſammenziehend, Gallusſäure beſitzt einen ſäuerlichen Nebengeſchmack.

Während beide Säuren mit neutralen Eiſenoxydſalzen ſchwarzblaue Niederſchläge erzeugen, unterſcheiden ſie ſich von einander dadurch, daß die Gerbſäure durch Leim aus ihren Löſungen in dichten grauweißen Flocken gefällt wird, die Gallusſäure nicht.

Die gerbſauren und gallusſauren Alkalien ſind in Waſſer leicht löslich, die Salze des Kalks und der Bittererde ſchwer.

Da die Gerbſäure im freien Zuſtande in den Galläpfeln enthalten iſt, ſo läßt ſie ſich leicht bereiten, indem man Galläpfelpulver in einem Verdrängungsapparat mit waſſerhaltigem Aether übergießt. In der Flaſche, in welche die Flüſſigkeit herunterfließt, ſondern ſich zwei Schichten, indem ſich der Aether oben anſammelt, während die Gerbſäure in der unteren wäſſerigen Schichte enthalten iſt. Die wäſſerige Löſung wird vom Aether getrennt, dann wiederholt mit Aether geſchüttelt und unter der Luftpumpe über Schwefelſäure abgedampft. Der Rückſtand ſtellt die oben beſchriebene hellgelbe Maſſe dar mit glänzendem Bruch (Pelouze).

Aus den Pflanzentheilen, welche fertig gebildete Gallusſäure enthalten, gewinnt man dieſe nach Stenhouſe, wenn man die betreffenden Theile wiederholt mit Waſſer auskocht und filtrirt. Aus der Flüſſigkeit wird die Gerbſäure entfernt durch die Fällung mit Leim. Die abgeſchiedene Löſung wird dann bis zur Dicke eines dichten Syrups verdampft und der Rückſtand mit heißem Alkohol ausgezogen. Aus dieſem wird die Gallusſäure durch Kryſtalliſation gereinigt.

§. 12.

Die Kaffeebohnen und die Blätter von Ilex paraguariensis enthalten eine der Gerbſäure ähnliche Säure, die Kaffeegerbſäure oder

Chlorogensäure, welche nach den Analysen von Payen und Rochleder ausgedrückt wird durch die Formel $C^{14} H^8 O^7$. Neben der Kaffeegerbsäure fand Rochleder in den Kaffeebohnen die Viridinsäure, $C^{14} H^6 O^7$, neben der gewöhnlichen Gerbsäure in den Theeblättern die Boheasäure $C^7 H^3 O^4 + 2 HO$.

Diese Säuren sind alle drei in Wasser und in Alkohol löslich, die Boheasäure in Wasser so leicht, daß sie an der Luft zerfließt.

Die Kaffeegerbsäure ist im trocknen Zustande spröde und läßt sich zu einem gelblichweißen Pulver zerreiben; sie besitzt nach Rochleder einen schwach säuerlichen und etwas zusammenziehenden Geschmack. Die Viridinsäure zeichnet sich durch ihre bläulich grüne Farbe aus, die namentlich auch ihrem Kalksalze eigen ist, das den Kaffeebohnen die grünliche Farbe ertheilt. Boheasäure bildet eine der Eichengerbsäure ähnliche hellgelbe Masse.

Eisenoxydsalze werden durch die Boheasäure und die Viridinsäure dunkel gefärbt. Schwefelsaures Eisenoxydul erzeugt in der Lösung der Kaffeegerbsäure beim nachherigen Zusatz von Ammoniak einen beinahe schwarzen Niederschlag. Nach früheren Angaben fällt die Kaffeegerbsäure Eisensalze grün.

Kaffeegerbsäure nimmt an der Luft sehr leicht Sauerstoff auf. Sie wird dabei grün, indem sie sich in Viridinsäure verwandelt.

Rochleder hat die Kaffeegerbsäure bereitet, indem er getrocknete und zerstoßene Kaffeebohnen mit Alkohol auskochte und die Flüssigkeit durchseihte. Durch den Zusatz von Wasser werden weiße Flocken ausgeschieden, nach deren Entfernung die Lösung durch essigsaures Bleioxyd gefällt wird. Nachdem man die Flüssigkeit mit dem Niederschlag etwas gekocht hat, läßt sich dieser durch Filtration leicht trennen. Man wäscht denselben mit weingeistigem Wasser, rührt mit Wasser an und zerlegt durch Schwefelwasserstoff. Der Rückstand der verdampften Lösung ist die Kaffeegerbsäure, welche sich nur durch sehr langes Trocknen aus einer gummiartigen Masse in einen spröden, zerreiblichen Körper verwandeln läßt [1]).

Viridinsäure erhielt Rochleder nur aus der Kaffeegerbsäure, indem er die Lösung der letzteren mit überschüssigem Ammoniak ver-

1) Rochleder in Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LIX. S. 301, 302.

ſetzte. Unter Aufnahme von Sauerſtoff ward die Flüſſigkeit in 36 Stunden blaugrün. Dieſe blaugrüne Löſung wurde mit einem Ueberſchuß von Eſſigſäure und mit Alkohol vermiſcht. Dadurch ſchieden ſich ſchwarze Flocken aus, und die braune abfiltrirte Flüſſigkeit gab auf den Zuſatz von eſſigſaurem Bleioxyd einen blauen Niederſchlag mit einem ſchwachen Stich ins Grüne. Aus dem Bleiſalz läßt ſich die Viridinſäure durch Schwefelwaſſerſtoff abſondern [1]).

Die Boheaſäure wurde endlich von Rochleder dargeſtellt, indem er die ſiedendheiße Abkochung von Theeblättern mit eſſigſaurem Bleioxyd fällte. Der Niederſchlag ward entfernt. Nach 24 Stunden hatte ſich eine neue Fällung gebildet, die ebenfalls abfiltrirt ward, und die Flüſſigkeit wurde darauf mit Ammoniak geſättigt. Dadurch entſtand ein gelber Niederſchlag, der in abſolutem Alkohol angerührt und durch Schwefelwaſſerſtoff zerſetzt ward. Die von Schwefelwaſſerſtoff befreite Flüſſigkeit wurde durch eine alkoholiſche Löſung von eſſigſaurem Bleioxyd grauweiß gefällt. Dieſe Fällung, mit Alkohol angerührt und mit Schwefelwaſſerſtoff zerlegt, gab die Boheaſäure, welche durch Verdunſten der Löſung und abermaliges Auflöſen in Waſſer gereinigt und ſchließlich getrocknet wurde [2]).

§. 13.

Während alle Säuren, welche bisher beſchrieben wurden, ſtickſtofffrei ſind, hat ſich durch Piria's hübſche Unterſuchung ergeben, daß wir in dem früher für neutral gehaltenen Aſparagin einen ſtickſtoffhaltigen Körper kennen, der entſchieden ſaure Eigenſchaften beſitzt. Die Aſparagſäure oder Spargelſäure, wie das Aſparagin jetzt heißen ſollte, iſt ſo ſtark, daß ſie die Eſſigſäure aus eſſigſaurem Kupferoxyd austreibt [3]). Urſprünglich iſt die Spargelſäure, wie der Name beſagt, in den Spargeln gefunden worden. Sie kommt aber außerdem vor in den Kartoffeln, in den Runkelrüben, in dem Boratſch, in den Wur-

1) Rochleder, ebendaſelbſt, Bd. LXIII. S. 194.

2) Rochleder, ebendaſelbſt, S. 207, 209.

3) Piria in den Annales de chimie et de physique, 3e série. T. XXII, p. 160—179.

zeln von **Symphytum officinale, Glycyrrhiza glabra und Althaea officinalis.**

Die Formel der Spargelsäure ist $N^2 C^8 H^7 O^5 + 3 HO$ nach den Analysen von Liebig und Piria, welcher letztere aus den Salzen den Ausdruck $N^2 C^8 H^7 O^5$ ableitete. Es krystallisirt die Spargelsäure in farblosen, glänzenden Oktaëdern oder in sechsseitigen Säulen des rhombischen Systems.

Ein Theil der Spargelsäure erfordert 58 Theile kalten Wassers zur Lösung, in Weingeist wird dieselbe leichter, in absolutem Alkohol und in Aether dagegen nicht gelöst.

Aus den Pflanzentheilen, welche die Spargelsäure in hinlänglicher Menge führen, aus der Althäawurzel z. B., gewinnt man dieselbe, indem man die Stoffe mit Wasser auszieht, eindampft, krystallisiren läßt und zur vollkommenen Reinigung umkrystallisirt.

§. 14.

Aus den unten mitgetheilten Zahlen läßt sich über die Menge, in welcher die Säuren in verschiedenen Pflanzentheilen auftreten, ein annäherendes Urtheil bilden, wobei freilich nicht zu vergessen ist, daß die Menge vorzugsweise nur bei solchen Pflanzen bestimmt wurde, die sich durch einen Reichthum an Säure auszeichnen.

In 100 Theilen	(Unreifen).	(Reifen).	
Aepfelsäure in Pfirsichen . .	2,70	1,80	Bérard.
" in Aprikosen . .	1,07	1,10	"
" in Reine Clauden	0,45	0,56	"
" in Kirschen . .	1,75	2,01	"
" in Birnen . .	0,11	0,18	"
" in Stachelbeeren	1,80	2,41	"
" in Tamarinden . . .	0,45		Vauquelin.
" im Saft von Vogelbeeren	7,76		Liebig.
" in Hagebutten . . .	7,77		Bilz.
Weinsäure in Tamarinden . . .	1,55		(neben 3,25 Weinstein) Vauquelin.
Citronensäure in unreifen Stachelbeeren	0,12		Bérard.

	In 100 Theilen	
Citronenſäure in reifen Stachelbeeren	0,31	Bérard.
„ in Hagebutten . . .	2,95	Bilz.
„ in Tamarinden . .	9,40	Vauquelin.
Bernſteinſäure [1]) im Terpenthin von Pinus Picea . . .	0,85	Caillot.
Gerbſäure in Eicheln	9,00	Löwig.
„ in der Schaale der Beeren von Myrtus caryophyllata	11,40	Bonaſtre.
„ in den Kernen derſelben Beeren	39,80	„
„ in den trocknen Blättern des grünen Thees . .	17,68	Mittel aus 2 Beſtimmungen. Mulder.
Gallusſäure in Mangoſamen . .	18,75	Avequin.
Kaffeegerbſaures Kali + Caffein in Kaffeebohnen	3,50—5,00	Payen.
Spargelſäure in Kartoffeln . . .	0,8	Mittel aus 2 Beſtimmungen. Michaëlis, Vauquelin.

Man ſieht, daß die Gerbſäure die höchſten Zahlen erreicht. Dieſe Säure hat außerdem die Eigenthümlichkeit, daß ſie gewöhnlich frei vorkommt, während die übrigen Säuren an Kali, Kalk oder Bittererde gebunden zu ſein pflegen. Die organiſchſauren Salze ſind oft neutral, allein nicht ſelten auch ſauer, wie der Weinſtein in den Trauben, der äpfelſaure Kalk in den Vogelbeeren, das kleeſaure Kali im Sauerampfer und im Sauerklee, u. a.

§. 15.

Die Pflanzenſäuren gehören zu den ſauerſtoffreichſten Körpern, die in der organiſchen Welt auftreten, ja die Kleeſäure iſt der ſauerſtoffreichſte von allen organiſchen Stoffen. Weil nun gerade die Klee-

1) Mit Extractivſtoff verunreinigt.

säure vielleicht unter allen Säuren die weiteste Verbreitung hat und durch ihre Zusammensetzung in einer nahen Beziehung zur Kohlensäure steht, so lag es allerdings nahe zu vermuthen, daß die Kleesäure bei der so allgemein im Pflanzenreich herrschenden Reduction die erste Stufe sein möchte, welche die Kohlensäure bei ihrer Umwandlung in allgemein verbreitete Pflanzenstoffe betritt. Aus 2 Aequivalenten Kohlensäure weniger 1 Aeq. Sauerstoff würde dann 1 Aeq. Kleesäure: $2\,CO^2 - O = C^2O^3$.

Zu dieser Ansicht neigt sich Liebig, der die Säuren überhaupt als Ergebnisse der Reduction in der Pflanze zu betrachten scheint. In den Wachholderbeeren soll ein Beispiel der Desoxydation als Ursache der Säurebildung vorliegen; man will nämlich in den Wachholderbeeren erst einen reichlichen Gehalt an Weinsäure und später Aepfelsäure gefunden haben. Wenn aber wirklich die Aepfelsäure einem späteren Entwicklungsgliede der Weinsäure entspricht, dann muß die letztere 1 Aeq. Sauerstoff verlieren. Aus $C^4H^2O^5 - O$ würde $C^4H^2O^4$. Indem Liebig nun weiter eine Umwandlung der Säuren in Zucker annimmt, müßten Kleesäure, Weinsäure, Aepfelsäure als Uebergänge betrachtet werden, deren Bildung die Entwicklung allgemein verbreiteter stärkmehlartiger Verbindungen aus Kohlensäure und Wasser vermittelt [1]).

Allein gerade in dem wichtigsten Falle, in welchem eine Bildung von Zucker aus organischen Säuren angenommen wurde, ist eine solche nicht bewiesen worden. Nach den Untersuchungen Bérard's, dessen Zahlen oben mitgetheilt sind, enthalten die reifen Früchte nicht selten mehr freie Säure als in den unreifen vorhanden war. Da nun in den stärkmehlartigen Körpern, namentlich im Dextrin der Früchte, die ergiebigste Quelle der Zuckerbildung gegeben ist, so scheint vor der Hand kein genügender Grund die Annahme einer Entstehung des Zuckers aus Säuren zu fordern.

Berücksichtigt man aber die Angabe Schleiden's, die, wenn auch Ausnahmen zugegeben werden müssen, in der Mehrzahl der Fälle gewiß die richtige ist, daß nämlich die organischen Säuren in

1) Vgl. Liebig, die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie, sechste Auflage, Braunschweig 1846, S. 188—191.

eigenen Höhlen, in sogenannten Secretionsbehältern, vorzukommen pflegen, dann gewinnt aus physiologischen Gründen die entgegenstehende Meinung, daß die Säuren durch Oxydation aus allgemein verbreiteten Pflanzenstoffen abgeleitet sind, eine nicht geringe Wahrscheinlichkeit.

Ich will der genialen Gedankenverbindung Liebig's nicht im Mindesten zu nahe treten, da eine allmälige Reduction der wichtigsten Nahrungsstoffe der Pflanzen, der Kohlensäure und des Wassers, mit Nothwendigkeit angenommen werden muß. Die Bildung organischer Säuren erscheint sogar als die natürlichste Vermittlung einer allmäligen Reduction. Und die Bildung von Aepfelsäure aus Weinsäure in den Wachholderbeeren wäre ein unwiderleglicher Beweis, daß eine Bildung organischer Säuren durch Desoxydation in der Pflanze wirklich möglich ist.

Auf der anderen Seite verdient es alle Erwägung, daß Körper mit so scharf ausgeprägten chemischen Eigenschaften, wie Säuren und Alkaloide, Körper die zu ihren Gegensätzen eine mächtige Verwandtschaft besitzen, krystallisationsfähig sind und im Organismus nicht selten, wenn ich so sagen darf, als todte Krystalle abgelagert werden, durchaus an die Rückbildung organischer und organisirter Materie erinnern. Im Thierreich werden wir diesen Gedanken beinahe durchweg bestätigt finden. Aber auch in der Pflanze stehen diese Körper an der Grenze des Lebens, sie sind Glieder in der langen Kette der Rückbildung, welche in der Regel mit der Aufnahme von Sauerstoff gleichen Schritt hält.

Im Pflanzenleben sind Organisation und Reduction beinahe gleichbedeutende Begriffe. Aber ebenso nahe entspricht die Oxydation der Rückbildung.

Und es fehlt nicht an chemischen Erscheinungen, welche diese Ansicht unterstützen.

Es ist eine bekannte Thatsache, daß die Bernsteinsäure durch Oxydation der Fettsäuren gebildet wird. Vor Kurzem erst hat Dessaignes [1]) die Buttersäure mittelst Salpetersäure in Bernsteinsäure

1) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXXIV. S. 361.

verwandelt, eine Umwandlung, die nach folgendem Schema denkbar ist:

Butterfäurehydrat. Bernsteinfäurehydrat.

$$C^8\,H^7\,O^3 + HO + 6\,O = 2\,(C^4\,H^2\,O^3 + HO) + 2\,HO.$$

Ebenso findet sich Bernsteinsäure in altem Kümmelöl, in welchem sie gewiß in Folge einer Aufnahme von Sauerstoff entstand.

In der Pflanze tritt aber die Bernsteinsäure immer in den äußeren Theilen auf, zu welchen der Sauerstoff leicht Zutritt hat, und zwar mit Harzen vermischt, welche letzteren selbst aus einem Oxydationsproceß hervorgingen.

Benzoësäure entsteht aus vielen ätherischen Oelen, wenn man diese mit Salpetersäure behandelt.

Zimmtöl wird durch Oxydation in zwei Harze und Zimmtsäure verwandelt. Mulder theilt dafür folgendes Schema mit [1]):

$$\left.\begin{array}{r} \text{Zimmtöl} \\ 3\,C^{20}\,H^{11}\,O^2 \\ + \quad O^6 \\ \hline C^{60}\,H^{33}\,O^{14} \end{array}\right\} = \left\{\begin{array}{rl} \alpha\text{Harz} & C^{30}\,H^{15}\,O^4 \\ \beta\text{Harz} & C^{12}\,H^5\,O \\ \text{Zimmtfäurehydrat} & C^{18}\,H^8\,O^4 \\ 5\ \text{Aeq. Waffer} & H^5\,O^5 \\ & \overline{C^{60}\,H^{33}\,O^{14}} \end{array}\right.$$

Gallusfäure entsteht unter Entwicklung von Kohlenfäure durch Oxydation der Gerbfäure:

Gerbfäure Gallusfäure

$$C^9\,H^3\,O^5 + 4\,O = C^7\,H^3\,O^5 + 2\,CO^2.$$

In den Theeblättern ist die von Rochleder analysirte Boheafäure wahrscheinlich ein Uebergangsglied zu der Umwandlung von Gerbfäure in Gallusfäure:

Gerbfäure Boheafäure

$$C^9\,H^3\,O^5 + 3\,O = C^7\,H^3\,O^4 + 2\,CO^2.$$

Aus der Kaffeegerbfäure entsteht die Viridinfäure ebenfalls durch Aufnahme von Sauerstoff:

Kaffeegerbfäure Viridinfäure

$$C^{14}\,H^8\,O^7 + 2\,O = C^{14}\,H^6\,O^7 + 2\,HO.$$

---

1) Mulder, Proeve eener algemeene physiologische Scheikunde, p. 917.

Vielleicht läßt sich die Boheasäure als ein Oxydationsprodukt der Viridinsäure betrachten. Denn

Viridinsäure		Boheasäure
$C^{14}\ H^{6}\ O^{7} + O$	$=$	$2(C^{7}\ H^{3}\ O^{4})$ [1].

Piria hat uns gelehrt, daß man die Asparagsäure durch salpetrichte Säure in Aepfelsäure überführen kann. Auch dies geschieht nur, indem die Asparagsäure sich mit einer reichlichen Menge Sauerstoff verbindet.

Wasserfreie Asparagsäure		Aepfelsäure
$N^{2}\ C^{8}\ H^{7}\ O^{5} + 6\ O$	$=$	$2\ C^{4}\ H^{2}\ O^{4} + 3\ HO + 2\ N.$

Es wird bei dieser Umsetzung Stickstoff frei.

Hieraus ergiebt sich mit überzeugender Klarheit, daß sehr häufig die Säurebildung wirklich als Folge einer Oxydation zu betrachten ist.

Nicht selten entsteht eine Säure, die man auf den ersten Blick für sauerstoffärmer hält, aus einer sauerstoffreicheren; und die Entwicklung der sauerstoffarmen ist deshalb doch nicht das Erzeugniß einer Desoxydation, weil nebenher andere sauerstoffreiche Körper gebildet werden. So wenn nach der hübschen Entdeckung von Dessaignes äpfelsaurer Kalk durch Gährung Bernsteinsäure liefert. Liebig, der diese Umsetzung durch Bierhefe ebenfalls bewirkte, hat gezeigt, daß dabei neben Bernsteinsäure Kohlensäure und Essigsäure gebildet werden; 6 Aeq. Aepfelsäure nehmen 3 Aeq. Wasser auf, und daraus entstehen 4 Aeq. Bernsteinsäure, 4 Aeq. Kohlensäure und 1 Aeq. Essigsäure:

6 Aeq. Aepfelsäure	$C^{24}\ H^{12}\ O^{24}$	$=$	4 Aeq. Bernsteinsäurehydr.	$C^{16}\ H^{12}\ O^{16}$
3 Aeq. Wasser	$H^{3}\ O^{3}$		4 Aeq. Kohlensäure	$C^{4}\ O^{8}$
			1 Aeq. Essigsäure	$C^{4}\ H^{3}\ O^{3}$
	$C^{24}\ H^{15}\ O^{27}$			$C^{24}\ H^{15}\ O^{27}$.

Die sauerstoffärmere Bernsteinsäure ($C^{4}\ H^{2}\ O^{3}$) entsteht aus der sauerstoffreicheren Aepfelsäure ($C^{4}\ H^{2}\ O^{4}$), ohne daß eine Reduction dabei stattfindet [2].

---

1) Vgl. Gustav Liebich in Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXXI, S. 57, und Rochleder, ebendaselbst, S. 11.

2) Liebig in seinen Annalen, Bd. LXX, S. 364.

Indem ſich die Aſparagſäure in Aepfelſäure, die Aepfelſäure in Bernſteinſäure verwandeln kann, läßt ſich die Aſparagſäure in der Sommerwärme, wenn man Käſeſtoff als Hefe anwendet, auch in Bernſteinſäure überführen. Deſſaignes erhielt auf dieſe Weiſe aus der Aſparagſäure bernſteinſaures Ammoniumoxyd.

Da die Mehrzahl der Säuren ſtickſtofffrei iſt, ſo läßt ſich mit großer Wahrſcheinlichkeit annehmen, daß hauptſächlich die ſtärkmehlartigen Körper zur Entſtehung der organiſchen Säuren Veranlaſſung geben. Es iſt bekannt, daß Kleeſäure durch Oxydation des Zuckers entſteht. Inſofern ſich nun Kleeſäure oder andere Säuren als unthätige Stoffe in eigenthümlichen Secretionsbehältern anſammeln, ſind ſie als Ergebniſſe der Zerſetzung der allgemein verbreiteten Pflanzenbeſtandtheile zu betrachten. Und obgleich dieſe Körper von der Pflanze nicht wirklich ausgeſchieden werden, ſo ſind ſie doch annähernd gleichen Rangs mit den Ausſcheidungsſtoffen der Thiere.

Kleeſäure und Aſparagſäure ſind für die Pflanzen von ähnlicher Bedeutung wie die Kohlenſäure und die Harnſäure im thieriſchen Organismus. Der raſchere Stoffumſatz und die höheren Organiſationsverhältniſſe halten im Thierreich gleichen Schritt; die verbrauchten Gewebetheile werden aus den Thierkörpern ausgeſtoßen. Der Pflanze bleiben die Zerſetzungsprodukte ihrer allgemein verbreiteten Beſtandtheile einverbleibt. Und hierin iſt zu einem großen Theil die Mannigfaltigkeit in der Zuſammenſetzung verſchiedener Pflanzenarten begründet.

In verſchiedenen Pflanzen erfolgt die Zerſetzung in verſchiedener Richtung. Und rückwärts üben die Ergebniſſe der Zerſetzung auf die Umwandlung der Stoffe innerhalb der Pflanze einen weſentlichen, wenn auch noch ſehr wenig erkannten Einfluß.

Kap. II.

Die Alkaloide und die indifferenten Stoffe.

§. 1.

Hinsichtlich des Vorkommens der Alkaloide und der besonderen Pflanzenbestandtheile, welche die schlecht charakterisirte Gruppe der indifferenten Stoffe bilden, gilt im Allgemeinen dieselbe Regel, welche oben nach Schleiden für die Säuren angegeben wurde. Gewöhnlich kommen diese Stoffe in besonderen Höhlen oder in den Milchsaftgefäßen vor.

Allein auch hier sind wichtige Ausnahmen beobachtet worden. So fand Bödeker in den Zellen der Columbowurzel von Cocculus palmatus das indifferente Columbin, während die gelben Verdickungsschichten der Zellwände das Berberin enthielten [1]). Nach Payen ist das kaffeegerbsaure Kali-Caffeïn in der Zellstoffwand der Zellen des Perisperms der Kaffeebohnen gelagert [2]).

Nicht selten sind namentlich die schwächeren Alkaloide in freiem Zustand in den Pflanzentheilen vorhanden. Am häufigsten jedoch sind die Pflanzenbasen theils an anorganische, theils an organische Säuren gebunden. Und in diesen Verbindungen hat Liebig in sehr hübscher Weise auf die Vertretung anorganischer Basen und Säuren durch gleichartige organische Stoffe aufmerksam gemacht. In den Kartoffeln erzeugt sich das giftige Solanin, wenn dieselben aus der Erde keine Basen aufnehmen können, wenn sie z. B. in unseren Kellern

---

1) Bödeker in Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXIX, S. 47.

2) Annales de chim. et de phys. 3e sér. T. XXVI, p. 112.

keimen. In den Chinarinden ist um so mehr Chinasäure an Chinin und Cinchonin gebunden, je weniger die Menge des chinasauren Kalks beträgt, die in denselben vorhanden ist. Und so kann umgekehrt in den Papaveraceen, deren Milchsaft das Opium darstellt, eine organische Säure, die Mekonsäure, welche mit Kalk verbunden zu sein pflegt, durch Schwefelsäure vertreten werden. Robiquet fand in manchen Opiumsorten keine Spur von mekonsaurem Kalk [1]).

Wenn auch einzelne Alkaloide und indifferente Stoffe in mehren verschiedenen Pflanzen angetroffen werden, so ist doch das Vorkommen derselben viel mehr auf einzelne Arten oder Familien beschränkt als das der Säuren. Sie verdienen daher in weit höherem Grade den Namen besonderer Pflanzenbestandtheile.

§. 2.

Abgesehen von ihren basischen Eigenschaften herrscht eine große Aehnlichkeit zwischen den einzelnen Alkaloiden. Mit wenigen Ausnahmen lassen sich die Pflanzenbasen krystallisiren. In Weingeist werden sie ohne Ausnahme leicht gelöst, dagegen sind die meisten, und zwar alle nicht flüchtige Alkaloide nur schwer in Wasser löslich.

Mit Chlorwasserstoff verbinden sich die Alkaloide als solche. Diese chlorwasserstoffsauren Verbindungen werden durch Sublimat weiß, durch Platinchlorid gelb uud krystallinisch gefällt. Hierbei entstehen Doppelverbindungen von chlorwasserstoffsaurem Alkaloid mit Quecksilberchlorid oder mit Platinchlorid.

In ähnlicher Weise wie mit Chlorwasserstoff gehen die Alkaloide auch mit Jodwasserstoff eine Verbindung ein, die durch Quecksilberjodid weiß oder gelblich weiß gefällt wird. Man kann diesen Niederschlag in den verschiedenen Salzen der Pflanzenbasen hervorbringen, wenn man dieselben mit Jodqueckſilberkalium versetzt.

Ein gemeinschaftliches Merkmal der Alkaloide ist ferner die Fällbarkeit ihrer neutralen Salze durch Gerbsäure.

---

1) Liebig, die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. Braunschweig 1846, S. 93.

§. 3.

Es war eine der angenehmſten Ueberraſchungen für die Freunde der organiſchen Chemie und der Diätetik, daß ſich Caffein und Thein als ein und daſſelbe Alkaloid erwieſen. Es findet ſich dieſer Stoff alſo in den Blättern des Thees, zum Theil frei, zum Theil an gewöhnliche Gerbſäure gebunden, in den Kaffeebohnen zum Theil als kaffeegerbſaures Kali-Caffein, in den Blättern des **Ilex paraguariensis**, dem ſogenannten Paraguaythee, in welchem er höchſt wahrſcheinlich auch an Kaffeegerbſäure gebunden iſt (vgl. oben S. 289), und in den Früchten von **Paullinia sorbilis**.

Die Zuſammenſetzung des Caffeins wird nach Liebig und Pfaff ausgedrückt durch die Formel $N^2 C^8 H^5 O^2$. Rochleder verdoppelt dieſe Formel und betrachtet das Caffein als $N^4 C^{16} H^{10} O^4$.

Es iſt Rochleder nämlich gelungen, das Caffein durch Behandlung mit Chlor zu verwandeln in eine neue Baſis, das von Wurtz entdeckte Methylamin ($NC^2 H^5$), in eine ſchwache Säure, die Amalinſäure [1]) ($N^2 C^{12} H^7 O^6$) und in einen äußerſt flüchtigen, die Augen zu Thränen reizenden und Kopfweh in der Stirngegend verurſachenden Körper, den Rochleder für eine Cyanverbindung hält [2]). Wenn man nämlich Caffein mit ſtarker Kalilauge oder mit Natronkalk erhitzt, dann entſteht nach Rochleder Cyankalium oder Cyannatrium, was mit vielen anderen Alkaloiden, Chinin, Cinchonin, Morphin, Piperin z. B., nicht der Fall iſt. Deshalb erklärt Rochleder jenen eigenthümlich riechenden Körper, den er in zu geringer Menge erhielt, um eine genauere Unterſuchung mit demſelben vorzunehmen, für das Erzeugniß der Einwirkung des Chlors auf Cyan. Es findet ſich bei jener Einwirkung Salzſäure in der Löſung, die von einer Waſſerzerſetzung herrührt, und das Methylamin iſt an Chlorwaſſerſtoff gebunden.

Demnach iſt es klar, daß eine Entwicklung von Sauerſtoff ſtattfindet, mit welchem ſich das Caffein verbindet, und es iſt ein einfacher Ausdruck der beobachteten Erſcheinung, wenn Rochleder die Entwicklung durch folgende Gleichung verſinnlicht:

---

1) Von ἁμαλις, ſchwach.

2) Rochleder in Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXXI, S. 2 u. folg.

Caffein. Cyan. Methylamin. Amalinſäure.
$N^4C^{16}H^{10}O^4 + 2HO + 2O = NC^2 + NC^2H^5 + N^2C^{12}H^7O^8$.

Caffein verwandelt ſich unter Aufnahme von 2 Aeq. Waſſer und 2 Aeq. Sauerſtoff in Cyan, Methylamin und Amalinſäure.

Das Caffein kryſtalliſirt in langen, ſeidenglänzenen Nadeln, die häufig in Strahlenbüſcheln vereinigt ſind. Es erfordert 100 Theile kalten Waſſers und noch mehr Alkohol und Aether, um gelöſt zu werden. Dagegen löſt es ſich leicht in warmem Waſſer.

Gerbſaures Caffein iſt in kaltem Waſſer unlöslich, das Doppelſalz der Kaffeegerbſäure mit Caffein und Kali dagegen iſt löslich (Payen). Uebrigens iſt das Caffein eine ſchwache Baſis.

Die Amalinſäure nimmt mit Ammoniak eine purpurrothe Farbe an. Weil nun dieſes Zerſetzungsprodukt des Caffeins auch beim Erwärmen mit Salpeterſäure entſteht, ſo iſt dies ein hübſches Prüfungsmittel für Caffein. Die hellgelbe ſalpeterſaure Löſung dampft man ab und den trocknen Rückſtand verſetzt man mit etwas Ammoniak. Dann entſteht eine purpurrothe Färbung.

Auf ſehr einfache Weiſe läßt ſich das Caffein durch Sublimation aus Theeſtaub gewinnen [1]).

§. 4.

Das Berberin findet ſich in der Columbowurzel von Cocculus palmatus und in der Wurzel, dem Baſt und der übrigen Rinde von Berberis vulgaris. In der Columbowurzel iſt das Berberin mit Columboſäure, $C^{42}H^{21}O^{11}$, verbunden (Bödeker).

$NC^{42}H^{18}O^9 + 12HO$ iſt die Formel des in hellgelben, ſeidenglänzenden Nadeln kryſtalliſirenden Berberins nach Analyſen von Fleitmann und Bödeker. Bei 100° getrocknet entſpricht daſſelbe dem Ausdruck $NC^{42}H^{18}O^9 + 2HO$ (Fleitmann).

In Waſſer und Weingeiſt wird das Berberin gelöſt. Aus der weingeiſtigen Löſung wird es jedoch durch Aether niedergeſchlagen.

---

1) Siehe Mulder und Heynſius in Mulder's Scheikundige onderzoekingen, Deel V, p. 318.

Columbosaures Berberin ist schwerer löslich in Wasser als das freie Alkaloid, welches auch mit den meisten anorganischen Säuren mehr oder weniger schwer lösliche Salze bildet.

Aus der Columbowurzel bereitete Bödeker salzsaures Berberin, indem er den weingeistigen Auszug verdampfte und den trocknen Rückstand mit siedendem Kalkwasser behandelte. Die braunrothe Lösung wurde filtrirt, die Flüssigkeit mit Salzsäure gesättigt, worauf sich ein fast ganz formloser Körper ausschied, der ebenfalls durch Filtration entfernt wurde. Zu der Lösung ward ein Ueberschuß von Salzsäure zugesetzt. Nach zwei Tagen hatte sich das salzsaure Berberin in gelben Krystallen ausgeschieden. Bödeker löste die Krystalle in Alkohol auf und fällte und wusch das Salz mit Aether [1]). Das salzsaure Berberin wird nach Fleitmann [2]) durch verdünnte Schwefelsäure in schwefelsaures verwandelt, welches man krystallisiren und bei 100° trocknen muß, um die anhängende Salzsäure zu entfernen. Durch Barytwasser wird das Berberin von der Schwefelsäure geschieden, und der überschüssige Baryt wird aus der dunkelrothen Flüssigkeit durch Kohlensäure gefällt. Die filtrirte Lösung wird beinahe zur Trockne abgedampft, der Rückstand in wenig Alkohol gelöst und mit Aether niedergeschlagen. Schließlich wird das Berberin durch Umkrystallisiren aus Wasser gereinigt.

§. 5.

Die bekannten Alkaloide der Chinarinde der verschiedenen Cinchona-Arten, das Chinin, das Cinchonin und das Aricin bringe ich hier besonders deshalb zur Sprache, weil sie in der Zusammensetzung bis auf den Sauerstoffgehalt mit einander übereinstimmen. Diese Alkaloide, die in verschiedenen Chinarinden in sehr verschiedener Menge vorkommen, sind in denselben zum größten Theil an Chinasäure gebunden.

Cinchonin hat nach Liebig's Zahlen, die vor ganz Kurzem von Hlasiwetz bestätigt wurden, die Formel $NC^{20}H^{12}O$ [3]). Das

1) Bödeker in Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXIX, S. 41.

2) Ebendaselbst Bd. LIX, S. 163.

3) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXXVII, S. 51.

Chinin und ein zweites Alkaloid, welches van Heyningen β Chinin, Hlasiwetz Cinchotin nennt, entsprechen dem Ausdruck $NC^{20}H^{12}O^2$ (Liebig, van Heyningen, Hlasiwetz). Dem Aricin endlich gehört nach Pelletier die Formel $NC^{20}H^{12}O^3$.

Das Cinchonin kryſtalliſirt nach Hlasiwetz in mäßig großen glänzenden Prismen. So wie daſſelbe bisher unterſucht wurde, iſt es häufig mit dem Cinchotin vermiſcht; Hlasiwetz [1]) fand daher in dem käuflichen Cinchonin zwei Alkaloide, von welchen bei der Kryſtalliſation zuerſt das Cinchonin im engeren Sinne und dann das Cinchotin anſchießt. Letzteres kryſtalliſirt in ſchönen, rhomboidalen, feſten Kryſtallen. Das Chinin bildet am häufigſten ein weißes formloſes Pulver; es läßt ſich jedoch in feinen, ſeidenglänzenden Nadeln erhalten. Das Aricin endlich kryſtalliſirt in weißen, glänzenden, durchſcheinenden Nadeln.

Von dieſen Alkaloiden iſt das Chinin am leichteſten in Waſſer löslich, indem es ſich in kaltem Waſſer ebenſo leicht löſt wie der Gyps (in 400 Th.) und von kochendem Waſſer nur 200 Theile erfordert. Das Cinchonin iſt dagegen in kaltem Waſſer faſt ganz unlöslich und löſt ſich nur in 2500 Theilen kochenden Waſſers. Aricin löſt ſich in Waſſer gar nicht. Chinin, Aricin und Cinchotin löſen ſich leicht in Weingeiſt und in Aether, Cinchonin dagegen wird zwar in kochendem Weingeiſt gelöſt, allein in kaltem Weingeiſt wenig und in Aether gar nicht.

Durch ſtarke Salpeterſäure wird das Aricin dunkelgrün gefällt.

Baſiſch ſchwefelſaures Cinchonin löſt ſich in kaltem Waſſer viel leichter als das entſprechende Chininſalz, auch in Alkohol löſt ſich jenes leichter. Das baſiſch ſchwefelſaure Chinin iſt in Aether wenig, das Cinchoninſalz gar nicht löslich. Baſiſch ſalzſaures Cinchonin iſt in kaltem Waſſer leicht, baſiſch ſalzſaures Chinin ſchwer löslich; von kochendem Waſſer wird jedoch auch letzteres leicht aufgenommen.

Nach Brandes wird eine Auflöſung von ſchwefelſaurem Chinin mit Chlorwaſſer verſetzt durch Zuſatz von kauſtiſchem Ammoniak ſmaragdgrün. Wenn man ſtatt des Ammoniaks eine ſtarke Löſung von Eiſenkaliumcyanür hinzufügt, dann entſteht nach Vogel jun. eine dunkelrothe Farbe, welche einige Stunden anhält und dann beſonders

1) A. a. O. S. 49.

durch Einwirkung des Lichts ins Grüne übergeht. Nimmt man anſtatt des Ammoniaks kauſtiſches Kali, dann wird die Löſung ſchwefelgelb [1]).

In der Verbindung mit Chinaſäure bildet Chinin ein lösliches Salz.

Die Alkaloide werden in der Form von ſchwefelſauren Salzen durch verdünnte Schwefelſäure aus den betreffenden Chinarinden ausgezogen, das Cinchonin aus China Huamalies und China Huanuco, das Chinin aus China calisaya, das Aricin aus China cusco. Man ſcheidet durch Natron die Alkaloide aus den ſchwefelſauren Salzen aus. Hat man dann ein Gemenge von Chinin und Cinchonin, ſo kann man durch Aether das Chinin auflöſen, wobei das Cinchonin ungelöſt zurückbleibt. Um nun das Aricin von den beiden anderen Alkaloiden zu trennen, läßt ſich die Unlöslichkeit deſſelben in Waſſer benützen, welches das Chinin löſt, und die Löslichkeit des Aricins in Aether, welcher das Cinchonin ungelöſt zurückläßt.

§. 6.

Zur Vertretung der flüchtigen Alkaloide mag hier das Coniin eine Stelle finden, das in Conium maculatum durch die ganze Pflanze verbreitet und nach Bird an Aepfelſäure gebunden iſt.

Gerhardt drückt die Zuſammenſetzung des Coniins aus durch die Formel $NC^{16}H^{15}$. Im waſſerfreien Zuſtande iſt das Coniin eine farbloſe oder hellgelbe ölartige Flüſſigkeit von ſtechendem Geruch. Es wird in kaltem Waſſer leichter gelöſt als in heißem. In Weingeiſt und Aether iſt es ſehr leicht löslich.

An der Luft bräunt ſich das Coniin, es läßt Ammoniak entweichen und nimmt eine harzähnliche Beſchaffenheit an. Die in Waſſer und Weingeiſt leicht löslichen Coniinſalze werden in ihrer Löſung an der Luft nach einander roth, violett, blau, grün.

Man bereitet das Coniin aus dem Schierling, indem man letzteren mit einer ſtark verdünnten Kalilöſung deſtillirt. Die übergegangene Flüſſigkeit wird mit Schwefelſäure geſättigt, eingedampft und mit Alkohol behandelt, wobei das Ammoniak, welches aus einem

1) Vogel jun. in Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXXIII, S. 222.

Theil des Coniins in Folge der Einwirkung des Kalis entſtand, als ſchwefelſaures Ammoniumoxyd ungelöſt bleibt. Die alkoholiſche Löſung des ſchwefelſauren Coniins wird unter der Luftpumpe verdunſtet, der Rückſtand in Waſſer gelöſt und mit Barytwaſſer verſetzt. Das gelöſte Coniin wird dann vom ſchwefelſauren Baryt abfiltrirt und über Chlorcalcium rectificirt.

§. 7.

Wenn man die oben beſchriebenen Alkaloide der Chinarinden hinſichtlich der Zuſammenſetzung mit einander vergleicht, dann findet man, daß ſie eine Reihe darſtellen, in welcher bei gleichem Gehalt an Stickſtoff, Kohlenſtoff und Waſſerſtoff jedes folgende 1 Aeq. Sauerſtoff mehr enthält als das vorige. Denn

$$\text{Cinchonin} = NC^{20}H^{12}O$$
$$\text{Chinin, Cinchotin} = NC^{20}H^{12}O^{2}$$
$$\text{Aricin} = NC^{20}H^{12}O^{3}.$$

Ueberträgt man nun auf dieſe Alkaloide die Begriffe von Sättigungscapacität, die in der anorganiſchen Chemie gelten, ſo würde man erwarten, daß 1 Aeq. Chinin 2 Aeq. Säure, 1 Aeq. Aricin 3 Aeq. Säure erforderte, um neutrale Salze zu bilden. Das trifft nicht ein, und daher ſagt man bekanntlich, daß ſich die Sättigungscapacität der Alkaloide nicht nach dem Sauerſtoffgehalt derſelben richtet. Dagegen erfordern viele Alkaloide, um ein neutrales Salz zu bilden, für je 1 Aeq. des Stickſtoffs, den ſie enthalten, 1 Aeq. Säure.

Dadurch wurde Berzelius ſchon vor vielen Jahren veranlaßt, die Alkaloide als gepaarte Ammoniakverbindungen zu betrachten, eine Vorſtellung, die beſonders dadurch unterſtützt wird, daß dieſe Alkaloide, ganz ebenſo wie das Ammoniak, in den Salzen der Sauerſtoffſäuren 1 Aeq. Waſſer enthalten und die ſogenannten Waſſerſtoffſäuren als ſolche aufnehmen. Es iſt als wenn ſich das Ammoniak der Baſen bei ſolchen Verbindungen in Ammoniumoxyd oder in Chlorammonium verwandeln müßte. Und dazu kommt noch, daß die chlorwaſſerſtoffſauren Alkaloide, ebenſo wie der Salmiak, ſich mit Queckſilberchlorid und mit Platinchlorid verbinden.

Es dürfte wenige Phyſiologen geben, die nicht beim erſten Er-

ſcheinen der glänzenden Arbeit von Wurtz über die ſogenannten zuſammengeſetzten Ammoniakarten gehofft hätten, daß die Frage über die Conſtitution der Alkaloide mit einem Male ſpruchreif geworden ſei. Wurtz hat die vortreffliche Entdeckung gemacht, daß man durch die Einwirkung von Kali auf cyanſaure Aetherarten drei Alkaloide gewinnen kann, die außer den Elementen des Ammoniaks drei Kohlenwaſſerſtoffe enthalten, deren Kohlenſtoffgehalt mit dem des betreffenden Aethers übereinſtimmt. So erhielt Wurtz aus cyanſaurem Methyloxyd und Kalihydrat Methylamin und kohlenſaures Kali:

Cyanſaures Methyloxyd — Methylamin.

$$C^2 H^3 O + NC^2 O + 2KO + 2HO = 2 (KO + CO^2) + NC^2 H^5;$$

aus cyanſaurem Aethyloxyd und Kalihydrat Aethylamin und kohlenſaures Kali:

Cyanſaures Aethyloxyd — Aethylamin.

$$C^4 H^5 O + NC^2 O + 2KO + 2HO = 2 (KO + CO^2) + NC^4 H^7;$$

aus cyanſaurem Amyloxyd und Kalihydrat Amylamin und kohlenſaures Kali:

Cyanſaures Amyloxyd — Amylamin.

$$C^{10} H^{11} O + NC^2 O + 2KO + 2HO = (2KO + CO^2) + NC^{10} H^{13}$$

Das Aethylamin wurde von Hofmann dargeſtellt, indem er Ammoniak auf die bromwaſſerſtoffſauren und jodwaſſerſtoffſauren Verbindungen des Aethers einwirken ließ, nach folgendem Schema:

Bromäthyl — Bromwaſſerſtoffſaures Aethylamin.

$$C^4 H^5 Br + NH^3 = NC^4 H^7 + HBr.$$

Außer dieſen drei Baſen, von denen, wie oben mitgetheilt wurde, das Methylamin nach Rochleder bei der Einwirkung von Chlor auf Caffein entſteht, iſt in Anderſon's Petinin das ganz analog zuſammengeſetzte Butylamin bekannt, während vor Kurzem Wertheim und Anderſon auch das Propylamin entdeckt haben. So beſitzen wir denn jetzt folgende Reihe:

$$\text{Methylamin} = NC^2 H^5,$$
$$\text{Aethylamin} = NC^4 H^7,$$
$$\text{Propylamin} = NC^6 H^9,$$

Butylamin $= NC^8 H^{11}$ (Petinin),
Amylamin $= NC^{10}H^{13}$.

Während man nun nach Berzelius dieſe Alkaloide als gepaarte Ammoniakverbindungen betrachten müßte, neigt ſich Wurtz zu der Anſicht, daß dieſe Körper wirkliche Ammoniakarten darſtellen, in welchen 1 Aeq. Waſſerſtoff durch die Radikale der entſprechenden Aetherarten (Methyl, Aethyl, Propyl, Butyl, Amyl) ſubſtituirt wäre. Hier unten ſind die Formeln nach beiden Anſichten zerlegt:

Gepaarte Ammoniakverbindungen nach der Theorie von Berzelius.	Zuſammengeſetzte Ammoniakarten nach Wurtz.
$NH^3 + C^2 H^2 =$ Methylamin $= N$	$\left\{ \begin{matrix} H^2 \\ C^2 H^3 \end{matrix} \right.$,
$NH^3 + C^4 H^4 =$ Aethylamin $= N$	$\left\{ \begin{matrix} H^2 \\ C^4 H^5 \end{matrix} \right.$,
$NH^3 + C^6 H^6 =$ Propylamin $= N$	$\left\{ \begin{matrix} H^2 \\ C^6 H^7 \end{matrix} \right.$,
$NH^3 + C^8 H^8 =$ Butylamin $= N$	$\left\{ \begin{matrix} H^2 \\ C^8 H^9 \end{matrix} \right.$,
$NH^3 + C^{10} H^{10} =$ Amylamin $= N$	$\left\{ \begin{matrix} H^2 \\ C^{10} H^{11} \end{matrix} \right.$.

Wurtz, der in den Folgerungen, die er aus ſeinen ſchönen Verſuchen ableitet, ebenſo umſichtig wie genial iſt, fällt kein unbedingt entſcheidendes Urtheil über die Richtigkeit der einen oder der anderen Theorie, wiewohl er der Anſicht von den zuſammengeſetzten Ammoniakarten den Vorzug giebt. Er läßt namentlich die Frage offen, in wie weit die ſauerſtoffhaltigen Baſen der einen oder der anderen Vorſtellung unterzuordnen ſind. Ich werde als Phyſiologe gewiß nicht weiter gehen, habe hier jedoch die Anſichten von Berzelius und von Wurtz um ſo lieber zuſammengeſtellt, weil beide gleich hübſch die ammoniakähnliche Beſchaffenheit der Alkaloide erklären.

Durch die klaſſiſche Arbeit von Wurtz[1]) iſt für alle folgende

1) Sie findet ſich in vortrefflicher Zuſammenſtellung der Ergebniſſe in den Annales de chim. et de phys., 3e série T. XXX, Décembre 1850 p. 446 et suiv.

Unterſuchungen eine Bahn gebrochen, auf der das glänzendſte Ziel erreichbar ſcheint. Zwei deutſche Chemiker, Wurtz in Paris und Hofmann in London, haben, indem ſie, von verſchiedenen Seiten ausgehend, auf dieſer Bahn zuſammentrafen, die Wiſſenſchaft um Thatſachen bereichert, die jeden Aufmerkſamen darüber belehren können, welch' hohen Schwunges die organiſche Chemie fähig iſt, ich möchte beinahe ſagen, in unſeren Tagen erſt recht fähig wird. Die Entdeckungen von Wurtz und Hofmann gehören unſtreitig zu den ſchönſten Lorbeeren der organiſchen Chemie, die nicht verfehlen werden, auch der Phyſiologie ihre Früchte zu tragen.

§. 8.

Die indifferenten Stoffe ſind leider nicht durch ein ſo logiſches Band zu einer Gruppe vereinigt, wie die Alkaloide. Eben deshalb ſchienen ſie mir nicht zu verdienen, zu einer beſonderen Abtheilung erhoben zu werden, und da ſich einige derſelben durch ihren Stickſtoffgehalt und eine gewiſſe Aehnlichkeit der Eigenſchaften an die Alkaloide anſchließen, ſo mögen ſie auch hier neben den Pflanzenbaſen eine Stelle finden, für deren logiſche Nothwendigkeit ich keineswegs Bürgſchaft leiſten will. Es ſteht um die Gruppe der indifferenten Stoffe nur wenig beſſer als um die Extractivſtoffe, eine Abtheilung, die vor den reißenden Fortſchritten der Wiſſenſchaft täglich mehr zurückweicht und endlich als ſolche ganz verſchwinden wird.

Dadurch mag es zugleich gerechtfertigt erſcheinen, wenn ich bei der Beſprechung der indifferenten Stoffe mehr noch als bei den Alkaloiden wähleriſch bin.

§. 9.

Das Amygdalin, der Mandelſtoff, verdankt ſeinen Namen den bitteren Mandeln, kommt aber außerdem vor in den Beeren von Prunus laurocerasus, in den Pfirſichkernen und wahrſcheinlich in den bitteren Kernen der Steinfrüchte überhaupt. Nach den Analyſen von Liebig und Wöhler wird die Zuſammenſetzung des Amygdalins ausgedrückt durch die Formel $NC^{40}\ H^{27}\ O^{22} + 6HO$. Die Kryſtalle deſſelben bilden ſeidenglänzende Schuppen oder große, durchſichtige, glänzende Prismen.

In Waſſer und in Weingeiſt wird das Amygdalin gelöſt, in Aether nicht.

Durch die Einwirkung des Emulſins, der oben (S. 96) beſchriebenen Mandelhefe, erleidet der Mandelſtoff eine eigenthümliche Gährung, als deren wichtigſte Erzeugniſſe Blauſäure und Bittermandelöl auftreten. Nach Liebig und Wöhler, die dieſe Gährung genau beſchrieben haben[1]), wird außerdem Zucker gebildet. Aus 1 Aeq. Amygdalin $= NC^{40} H^{27} O^{22}$ und 4 Aeq. Waſſer entſtehen:

1 Aeq. Bittermandelöl $C^{14} H^{6} O^{2}$
1 Aeq. Blauſäure $NC^{2} H$
2 Aeq. Zucker $(C^{12} H^{12} O^{12}) = C^{24} H^{24} O^{24}$

$NC^{40} H^{31} O^{26} = NC^{40} H^{27} O^{22} + 4HO.$

Um das Amygdalin aus bitteren Mandeln zu bereiten, wird aus dieſen erſt ſo gut als möglich das fette Oel ausgepreßt. Darauf werden die Mandeln mit Alkohol gekocht und die Löſung durch Leinwand durchgeſeiht. Nach einiger Zeit hat ſich der Alkohol über einer Oelſchichte angeſammelt. Dieſe alkoholiſche Löſung enthält das Amygdalin und muß abgehoben werden. Der Alkohol wird durch Deſtillation entfernt und der ſyrupartige Rückſtand mit Waſſer und Hefe der Gährungswärme ausgeſetzt, damit der Zucker zerlegt werde, der die Kryſtalliſation des Mandelſtoffs hindert. Nach beendigter Gährung wird die Flüſſigkeit filtrirt, bis zur Syrupsconſiſtenz eingedampft und mit Alkohol vermiſcht. Dann fällt das Amygdalin als weißes kryſtalliniſches Pulver nieder, das man durch Umkryſtalliſiren aus Alkohol reinigt.[2]).

§. 10.

Sehr viele Weidenarten und einige Pappelarten enthalten in ihren Rinden, die Weiden auch in ihren Blättern, einen indifferenten Bitterſtoff, das Salicin.

Die Formel des Salicins iſt $C^{26} H^{18} O^{14}$; es enthält keinen

1) Wöhler in ſeinen Annalen Bd. LXVI, S. 239.

2) Liebig, Handbuch der organiſchen Chemie, Heidelberg 1843, S. 81.

Stickstoff. Das Salicin kryſtalliſirt in farbloſen, ſeidenglänzenden Schuppen, die leicht in kaltem und noch leichter in kochendem Waſſer ſowie in Weingeiſt gelöſt werden, in Aether dagegen unlöslich ſind.

Eine wäſſerige Löſung des Salicins wird durch Goldchlorid blau gefärbt. In ſtarker Schwefelſäure löſt ſich das Salicin mit rother Farbe und es wird auf den Zuſatz von Waſſer aus dieſer Löſung in hellrothen Flocken gefällt.

Wenn das Salicin mit verdünnten Säuren oder mit Mandelhefe behandelt wird, dann verwandelt es ſich in Zucker und Saligenin (Piria).

Salicin. Zucker. Saligenin.

$$C^{26}\ H^{18}\ O^{14} + 2HO = C^{12}\ H^{12}\ O^{12} + C^{14}\ H^{8}\ O^{4}.$$

Das Saligenin verliert unter dem Einfluß von Säuren 2 Aeq. Waſſer und verwandelt ſich in das dem Bittermandelöl iſomere Saliretin, $C^{14}\ H^{6}\ O^{2}$; Saliretin iſt demnach waſſerfreies Saligenin. Saligenin bildet glänzende rhomboidale Kryſtalle, die ſich fettig anfühlen und in heißem Waſſer, Alkohol und Aether leicht löslich ſind. Saliretin dagegen iſt ein harziger Körper, unlöslich in Waſſer, löslich in Alkohol und Aether.

Man gewinnt das Salicin aus der Weidenrinde, indem man dieſe mit Waſſer auskocht und aus der Flüſſigkeit durch Bleioxyd das Gummi und die Farbſtoffe in der Siedhitze niederſchlägt. Die filtrirte Löſung wird mit Schwefelwaſſerſtoff verſetzt, um etwa aufgelöſtes Bleioxyd abzuſcheiden, und dann abgedampft, um das Salicin durch Kryſtalliſation vollends zu reinigen.

§. 11.

Eine dem Salicin ähnliche Verbindung findet ſich in der Rinde der Wurzel von Aepfelbäumen, Birnbäumen, Kirſchbäumen, Pflaumenbäumen, und iſt unter dem Namen Phlorrhizin bekannt.

Nach einer kleinen Verbeſſerung, welche Delffs nach dem neuen Miſchungsgewicht des Kohlenſtoffs mit Liebig's früherer Formel vorgenommen hat, muß das Phlorrhizin durch $C^{42}\ H^{24}\ O^{20} + 4\,HO$ ausgedrückt werden[1]).

1) Delffs, a. a. O. S. 159.

Das Phlorrhizin kryſtalliſirt in ſeidenglänzenden, feinen Nadeln, die ſich locker zuſammenhäufen. Es löſt ſich ſehr leicht in kochendem Waſſer und in Weingeiſt, dagegen faſt gar nicht in kaltem Waſſer und in Aether.

Verdünnte Salzſäure oder Schwefelſäure verwandeln das Phlorrhizin in Zucker und Phloretin [1]):

Phlorrhizin Zucker Phloretin.
$C^{42}\ H^{24}\ O^{20} + 2\,HO = C^{12}\ H^{12}\ O^{12} + C^{30}\ H^{14}\ O^{10}$.

Das Phloretin kryſtalliſirt in kleinen farbloſen Blättchen, die leicht in Weingeiſt, dagegen wenig in Waſſer und in Aether löslich ſind.

Durch die Behandlung mit Ammoniak färbt ſich das Phlorrhizin unter Aufnahme von Sauerſtoff erſt gelb, dann roth und zuletzt durch Purpurroth hindurchgehend dunkelblau. Der tiefrothe Farbſtoff, der hierbei auftritt, iſt das Phlorrhizein;

$N^2\ C^{42}\ H^{30}\ O^{26} + 4\,HO$, deſſen Bildung Strecker durch nachſtehende Gleichung verſinnlicht:

Phlorrhizin Phlorrhizein.
$C^{42}\ H^{28}\ O^{24} + 2\,NH^3 + O^6 = N^2\ C^{42}\ H^{30}\ O^{26} + 4\,HO$.

Aus der Wurzelrinde der betreffenden Pyrus- und Prunus-Arten wird das Phlorrhizin bereitet, indem man jene mit verdünntem Weingeiſt bei 50—60° auszieht, die Löſung decantirt, den Weingeiſt größtentheils abdeſtillirt und die Maſſe der Kryſtalliſation überläßt. Die Kryſtalle müſſen durch Thierkohle entfärbt werden.

§. 12.

Das indifferente Columbin findet ſich nach Bödeker [2]) in der Columbowurzel von Cocculus palmatus, in dem Theil des parenchy-

---

1) Siehe Roſer in Liebig und Wöhler, Annalen. Bd. LXXIV, S. 185. 186.

2) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXIX, S. 52.

matiſchen Gewebes, in welchem noch keine Gefäßbildung auftritt, und zwar in den Zellen.

Bödeker ertheilt dem Columbin, das in durchſichtigen geraden rhombiſchen Säulen kryſtalliſirt, die Formel $C^{42}\,H^{22}\,O^{14}$.

Nur in kochendem Weingeiſt wird das Columbin leicht gelöſt; in kaltem Waſſer, Weingeiſt und Aether iſt es wenig löslich.

Durch ſtarke Schwefelſäure wird das Columbin orangegelb und ſpäter dunkelroth; die Löſung ſcheidet mit Waſſer vermiſcht einen roſtgelben Niederſchlag aus.

Ein einfaches Verfahren, das Columbin zu bereiten, iſt von Lebourdais angegeben worden[1]). Ein ſtarker Aufguß der Columbowurzel wird durch Kohle filtrirt und die Kohle ſo lange gewaſchen, als das abfließende Waſſer bitter ſchmeckt. Dann enthält die Flüſſigkeit das Columbin, während der größte Theil des Farbſtoffs in der Kohle zurückblieb. Filtrirt man nun die Löſung noch einmal durch Kohle, dann hält dieſe das bittere Columbin zurück. Man trocknet die Kohle, zieht dieſelbe mit Alkohol aus und läßt das Columbin kryſtalliſiren.

§. 13.

Ueber die Mengenverhältniſſe, in welchen einige der oben beſchriebenen Alkaloide und indifferenten Stoffe in den Pflanzen vorkommen, geben folgende Zahlen Aufſchluß:

In 100 Theilen des betreffenden Pflanzentheils.

Caffein in den Blättern von Ilex paraguariensis . . .	0,13	Stenhouſe.
„ in grünen Theeblättern	0,51	Mittel aus 2 Beſtimmungen, Mulder.
„ in Theeblättern . . .	5,84	Péligot.
„ (freies) in Kaffeebohnen	0,80	Payen.
Kaffeegerbſaures Kali-Caffein in Kaffeebohnen	3,50 — 5,00	Payen.
Berberin in der Wurzelrinde von Berberis vulgaris .	1,30	Buchner (Vater u. Sohn).

1) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXVII, S. 254.

Berberin in der Rinde und dem Holz derſelben Pflanze	17,60	Buchner (Vater u. Sohn).
Berberin (? wahrſcheinlich an Columboſäure gebunden) in den Wurzeln von Cocculus palmatus . .	5,00	Buchner.
Cinchonin in China Huanuco .	1,74	Mittel aus 10 Beſtimmungen, Michaelis, Varenton, Henry, Duflos, Stratingh, Badollier, Chevallier, van Santen.
„ in China regia . .	0,15	Mittel aus 3 Beſtimmungen, Wittſtock, Thiel, Hermann.
Chinin in China Huanuco . .	0,55	Mittel aus 6 Beſtimmungen, Michaelis, Varenton, Henry. Duflos, Stratingh.
„ in China regia . . .	2,03	Mittel aus 13 Beſtimmungen, Pelletier und Caventou, Varenton, Flashof, Stratingh, Henry, Arnaud, Wittſtock, Thiel, Michaelis, van Santen[1]).
Amygdalin in bitteren Mandeln	3—4,00	Liebig.
„ in Canarium commune	11,40	Bizio.
„ im Fleiſch von Cocos nucifera	14,00	Brandes.
„ im Waſſer von Cocos nucifera	11,90	Brandes.
Columbin (?) in der Wurzel von Cocculus palmatus	12,20	Buchner.

§. 14.

Leider ſind die Anhaltspunkte, welche uns die chemiſche Zuſam-

1) Vgl. Wiggers, Grundriß der Pharmacognoſie, Göttingen 1840 S. 197 und 202.

menſetzung der Alkaloide und der indifferenten Stoffe bietet, zur Beurtheilung der Entwicklungsgeſchichte dieſer Körper bei weitem nicht ſo ſicher wie bei den Säuren.

Phyſiologiſch ſpricht das Vorkommen in eigenen Secretionsbehältern und das vorzugsweiſe häufige Auftreten in Rinden (Berberin, Alkaloide der China, Salicin, Phlorrhizin) dafür, daß die Alkaloide und die, indifferenten Körper als Ausſcheidungsſtoffe zu betrachten ſind, die, wenn ſie auch in den Pflanzen verbleiben, aus der Zerſetzung allgemein verbreiteter Pflanzenbeſtandtheile hervorgehen müſſen[1]).

Aber wie und aus welchen?

Berückſichtigt man den Stickſtoffgehalt, der die Alkaloide und das Amygdalin auszeichnet, und daneben den Sauerſtoffreichthum des Berberins und des Amygdalins, dann ſcheint es die einfachſte Vorſtellung, dieſe Körper möchten aus eiweißartigen Stoffen durch Aufnahme von Sauerſtoff entſtehen. Chinin, Cinchonin, Aricin, die weniger Sauerſtoff enthalten als die Eiweißkörper, und nun gar die ſauerſtoffreien flüchtigen Alkaloide, wie das Coniin, könnten freilich auf dieſem Wege nur gebildet werden, wenn nebenher andere ſauerſtoffreiche Verbindungen erzeugt würden, wie wir dies oben bei der Umwandlung von Aepfelſäure in Bernſteinſäure geſehen haben. Allein hier ſchwindet der ſichere Boden der Beobachtung unter den Füßen.

Sieht man andererſeits, wie leicht Amygdalin, Salicin, Phlorrhizin bei ihrer Zerſetzung durch Mandelhefe oder durch verdünnte Säuren Zucker liefern, ſo drängt ſich allerdings die Vermuthung auf, daß an der Bildung dieſer Stoffe vorzugsweiſe die ſtärkmehlartigen und andere ſtickſtofffreie Verbindungen betheiligt ſein mögen, die ſich bald mit Ammoniak verbinden, bald nicht. Indem aber hier zur Erzeugung des Amygdalins und der ſtickſtoffhaltigen Alkaloide verwickeltere Umſetzungen erforderlich ſind als etwa eine Oxydation der Eiweißkörper, iſt es noch viel gewagter, den Entwicklungsgang nach dieſem Gedanken in Formeln einzukleiden.

Ich habe oben berichtet, daß es Rochleder gelungen iſt, das Caffein durch bloße Aufnahme von Waſſer und Sauerſtoff zu ſpalten in Cyan, Methylamin und Amalinſäure.

---

1) Vgl. oben S. 295.

Caffein. Cyan. Methylamin. Amalinſäure.

$$N^4\ C^{16}\ H^{10}\ O^4 + 2\,HO + 2\,O = NC^2 + NC^2\ H^5 + N^2\ C^{12}\ H^7\ O^8$$

Denkt man ſich nach dem Vorbilde der von Rochleder[1]) entworfenen Schemata die Amalinſäure als entſtanden aus Kaffeegerbſäure, die ſich etwa erſt zu Viridinſäure oxydirt, und Ammoniak, ſo wäre dieſe Umſetzung nach folgender Gleichung denkbar:

Viridinſäure. Amalinſäure.

$$C^{14}\ H^7\ O^8 + 2\,NH^3 + O^{10} = N^2\ C^{12}\ H^7\ O^8 + 2\,CO^2 + 6\,HO.$$

In ähnlicher Weiſe könnten aus 1 Aeq. Zucker und 6 Aeq. Ammoniak 3 Aeq. Blauſäure (Cyanwaſſerſtoff) und 3 Aeq. Methylamin neben Waſſer entſtehen:

Zucker Cyanwaſſerſtoff Methylamin.

$$C^{12}\ H^{12}\ O^{12} + 6\,NH^3 = 3\,NC^2\ H + 3\,NC^2\ H^5 + 12\,HO.$$

Nach allem was ich oben bei wiederholter Gelegenheit über dergleichen Formelzuſammenſetzungen geſagt habe, glaube ich nicht, daß ich mich ausdrücklich gegen den Verdacht verwahren muß, als wollte ich durch jene Gleichungen den wirklichen Entwicklungsgang bezeichnet wiſſen. Allein deshalb ſcheinen mir ſolche Beziehungen in der Zuſammenſetzung der Mittheilung werth, weil die im höchſten Grad beachtungswürdigen Spaltungsweiſen, wie ſie die ſchöne Entdeckung Piria's für Salicin und die nicht minder ausgezeichneten Beobachtungen Rochleder's für Caffein kennen lehrten, doch die eigentlichen Winke ſind, von welchen ſich in der Zukunft die reichſte Ausbeute für die Entwicklungsgeſchichte hoffen läßt.

Die ſtickſtofffreien Körper, aus welchen auf jene Weiſe die ſtickſtoffhaltigen Alkaloide oder das Amygdalin hervorgehen, werden natürlich die allerverſchiedenſten ſein. Als Bödeker das indifferente Columbin in den Zellen des Parenchyms, das columboſaure Berberin dahingegen vorzugsweiſe in den Verdickungsſchichten der Gefäße und der den Gefäßen zunächſt liegenden Zellen beobachtet hatte, kam er auf den Gedanken, das columboſaure Berberin möchte ſich aus Columbin und den Elementen des Ammoniaks entwickeln[2]).

Columbin. Berberin. Columboſäure.

$$2\,C^{42}\ H^{24}\ O^{14} + NH^3 = NC^{42}\ H^{18}\ O^9 + C^{42}\ H^{21}\ O^{11} + 8\,HO.$$

---

1) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXXI, S. 11.

2) Bödeker in Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXIX, S. 52, 53.

Wenn auch Bödeker's Versuche, aus Columbin und Ammoniak columbosaures Berberin zu gewinnen, bisher erfolglos blieben, so sind doch solche Gedanken herzerfreuende Wegweiser auf der Bahn der Forschung, auf der sich Mancher in fruchtlosen Versucheleien verirrt. Henle hat ganz richtig gesagt: Niemand mag beobachten, ob das Wasser bergab fließt; wenn nur auch Niemand in der Nordsee beobachten wollte, wie das Wasser des Neckars zusammengesetzt ist.

Auf die Entstehung des Berberins übt vielleicht die zuvor gebildete Columbosäure einen bedeutenden Einfluß. Denn daß die Säuren in diesem Sinne überhaupt gleichsam prädisponirend die Bildung von Alkaloiden veranlassen, das geht aus den oben mitgetheilten Thatsachen hervor, welche eine Vertretung fehlender anorganischer Basen durch organische Alkaloide lehren (Vgl. S. 298, 299).

Mögen nun aber die Alkaloide und die indifferenten Stoffe aus Eiweißkörpern oder aus stärkmehlartigen Verbindungen hervorgehen, mögen sie selbst unmittelbare Erzeugnisse einer Oxydation sein oder durch Oxydation neben sauerstoffreichen Bestandtheilen gebildet werden, so viel scheint mir aus der Krystallisationsfähigkeit und dem Vorkommen der meisten dieser Stoffe abgeleitet werden zu dürfen, daß sie etwa dem Kreatinin und dem Harnstoff des Thierkörpers an physiologischer Bedeutung verglichen werden dürfen.

Kap. III.

Die Farbstoffe.

§. 1.

Nur deshalb sind die das Auge so angenehm überraschenden Stoffe, welche die Farben der Pflanzen bedingen, so mangelhaft untersucht, weil sie in unverhältnißmäßig geringer Menge eine außerordentliche Wirkung erzeugen und doch häufig einen so wenig ausgeprägten chemischen Charakter besitzen, daß einer Physiologie der Pflanzenfarben bisher nur eine sehr mangelhafte Grundlage chemischer Thatsachen untergebreitet werden konnte. Kleine Veränderungen in der stofflichen Mischung bewirken so vielerlei umfangreiche Abstufungen in dem Farbengepränge, daß in der Regel der bedingende Stoffumsatz in seiner Größe weit zurückbleibt hinter dem leuchtenden Schein, mit dem die Blüthe ins Auge strahlt. Daher rührt es, daß eben die Farbengluth, die zuerst unsren Blick für die Pflanzenwelt fesselt, noch so auffallend unvollkommen auf stoffliche Vorgänge zurückgeführt worden ist.

In dem Licht erglüht die Farbe. Die Theile, die dem Licht ausgesetzt sind, führen beinahe ausschließlich die ausgebildeten Farbstoffe, sind die Träger der wirklichen Farbe. Am weitesten nach innen erstreckt sich der grüne Farbstoff von Blättern und Stengeln. Sehr häufig birgt die Blüthenknospe grüne, bisweilen auch weiße Blumenblätter, die sich färben, indem sie sich im Licht entfalten. Viel seltner ist die eigenthümliche Farbe der Blume schon innerhalb der Knospe vorhanden.

Bald sind die Farbstoffe im wässerigen Inhalt der Zellen gelöst, wie namentlich die rothen und blauen. Bald bedingt es ihre harzige Beschaffenheit, daß sie in Wasser unlöslich sind und in der Gestalt von Körnchen die Zellen erfüllen; so ist es mit vielen gelben Farb-

stoffen und dem Blattgrün, die mit einander die Eigenthümlichkeit theilen, daß sie nicht selten in tieferen Zellschichten gefunden werden [1]).

In manchen Fällen gehört der Farbstoff den Verdickungsschichten der Zellen an.

Eine allgemeine Charakteristik der Pflanzenfarbstoffe läßt sich, wie aus den obigen Andeutungen hervorgeht, nicht geben. Viele Farbstoffe sind als schwache Säuren zu betrachten, andere sind indifferent, einzelne basisch.

§. 2.

Beinahe alle grüne Pflanzentheile verdanken ihre Farbe jenem Blattgrün, welches ich oben bereits als den Trabanten einer sehr allgemein verbreiteten Wachsart [2]) angeführt habe. Dieses Blattgrün ist bald formlos, bald körnig durch den Inhalt der Zellen vertheilt, und indem in den Körnchen, welche die Botaniker als Chlorophyll beschreiben, sehr häufig um ein Kernchen von Wachs oder von Stärkmehl der reine Farbstoff gelagert ist, hat Mulder den letzteren als C Chlorophyll von dem B Chlorophyll der Botaniker unterschieden. In den Epidermiszellen pflegt das Chlorophyll zu fehlen.

Unstreitig ist dieses reine Chlorophyll der Chemiker, von dem hier allein die Rede sein soll, von allen Farbstoffen am weitesten verbreitet, und doch ist die Menge desselben in den Blättern so gering, daß die Darstellung des Blattgrüns den größten Schwierigkeiten unterworfen ist. Daher besitzen wir nur Eine Analyse von demselben, welche die Formel $NC^{18}\ H^{9}\ O^{8}$ ergeben hat (Mulder). Dieses Blattgrün war den Blättern von Populus tremula entnommen.

Das Chlorophyll ist unlöslich in Wasser, löslich in Alkohol und Aether. Kaustische und kohlensaure Alkalien, Kalk- und Barytwasser lösen es mit grüner Farbe. Essigsäure fällt dasselbe aus diesen Lösungen, ist aber für sich im Stande, das Chlorophyll zu lösen. In Salzsäure wird das Chlorophyll gelöst, durch Marmor jedoch aus der Lösung ausgeschieden. Auch Wasser fällt das Chlorophyll aus der salzsauren Lösung und läßt einen gelben Körper gelöst. Wenn man den

1) Vgl. Schleiden, a. a. O. Bd. I, S. 191.

2) Vgl. oben S. 150.

durch Marmor gewonnenen Niederschlag des Blattgrüns trocknet und darauf wieder in Alkohol löst, dann nimmt der Alkohol häufig eine blaue Farbe an. Das Chlorophyll läßt sich demnach in einen gelben und einen blauen Farbstoff zerlegen, deren verschiedenes Verhältniß eine Hauptursache der zahllosen Schattirungen sein mag, welche die grüne Farbe in Blättern und Stengeln zeigt. (Berzelius, (Mulder) [1]).

Am einfachsten läßt sich diese Zersetzbarkeit des Chlorophylls in einen gelben und einen blauen Farbstoff nach meinen Beobachtungen darthun, wenn man die schön saftgrüne ätherische Lösung des Chlorophylls mit starker Salzsäure versetzt. Dann trennt sich die Flüssigkeit in eine untere blaugrüne salzsaure und eine obere schmutziggelbe ätherische Schichte.

Wenn eine alkoholische oder ätherische Lösung des Chlorophylls dem Lichte ausgesetzt wird, dann wird sie nach meinen Beobachtungen erst bräunlich, zuletzt gelb (Berzelius, Mulder).

Nach Berzelius besteht die einfachste Darstellung des Chlorophylls darin, daß man die grünen Pflanzentheile mit Aether auszieht, der jedoch nicht nur den Farbstoff, sondern zugleich das früher beschriebene Wachs auflöst [2]). Man läßt den Aether verdunsten, behandelt den Rückstand mit heißem Alkohol und läßt die alkoholische Lösung erkalten, wobei sich das Wachs in Flocken ausscheidet, während das Chlorophyll gelöst bleibt. Auch die alkoholische Lösung wird jetzt verdampft, der Rückstand in Salzsäure gelöst und endlich der Farbstoff durch Wasser niedergeschlagen und gewaschen. In Folge dieser Darstellung wird das Chlorophyll schwer löslich in Alkohol und in Aether.

§. 3.

Jener gelbe Farbstoff, der durch Zersetzung des Chlorophylls entstehen kann, ist nach Berzelius derselbe, der in den Herbstblät-

1) Vgl. meine Uebersetzung von Mulder's physiologischer Chemie, Heidelberg 1844, S. 283—285.

2) Vgl. oben S. 150.

tern auftritt und von dieſem Chemiker mit dem Namen Xanthophyll, Blattgelb, belegt worden iſt. Auch das Blattgelb findet ſich ſtets in Begleitung von Wachs.

Bisher iſt das Xanthophyll keiner Elementaranalyſe unterworfen worden.

Das eigentliche Löſungsmittel des gelben Farbſtoffs der Herbſtblätter iſt der Aether. In Alkohol wird derſelbe weniger reichlich, in Waſſer gar nicht gelöſt.

Alkalien löſen das Blattgelb auf, wenn auch nicht in bedeutender Menge; durch Säuren entſteht in den gelben Löſungen ein gelber Niederſchlag.

Im Sonnenlicht wird das Xanthophyll allmälig entfärbt, durch Schwefelſäure gebräunt und dabei in geringer Menge gelöſt.

Das Blattgelb kann durch Alkohol aus den gelben Blättern ausgezogen werden. Wenn man den Alkohol abdeſtillirt, dann wird der Rückſtand körnig getrübt durch das Xanthophyll, das ſich mit Harz, Fett und Spuren von Wachs verunreinigt ausſcheidet. Dieſe körnige Maſſe wird noch einmal in Alkohol gelöſt und mit einer alkoholiſchen Bleizuckerlöſung verſetzt, welche jene beigemengten Stoffe niederſchlägt. Nach der Filtration entfernt man das überſchüſſig zugeſetzte Blei durch etwas Salzſäure, verdünnt die Löſung mit Waſſer und deſtillirt die Säure und den Alkohol ab. Nach dem Trocknen bildet das Blattgelb einen ſchmierigen Körper. Berzelius.

In den Blättern ſehr vieler Pflanzen, die rothe Früchte tragen, entwickelt ſich im Herbſt ſtatt des gelben Farbſtoffs ein rother, das ſogenannte Erythrophyll oder Blattroth. Berzelius fand, daß dieſes Blattroth der Herbſtblätter übereinſtimmt mit dem rothen Farbſtoff der Kirſchen und Johannisbeeren. Das Blattroth, deſſen Zuſammenſetzung wir nicht kennen, iſt dadurch ausgezeichnet, daß es ſich in Waſſer und Alkohol löſt, dagegen in Aether nicht.

Wenn man die wäſſerige Löſung des Blattroths verdampft, dann bräunt ſich der Farbſtoff und er ſcheidet ſich theilweiſe aus. Kalkmilch erzeugt in der rothen Löſung eine graugrüne Fällung. Alkalien ertheilen dem Blattroth eine grüne Farbe.

Berzelius hat das Blattroth dargeſtellt, indem er rothe Herbſtblätter mit Alkohol auszog und die alkoholiſche Löſung mit Waſſer verſetzte, welches Fett und Wachs niederſchlug. Durch eſſigſaures Blei wurde dann aus der wäſſerigen Löſung das Erythrophyll gefällt mit

grüner Farbe, die bald in Graubraun überging. Das Blei ließ sich durch Schwefelwasserstoff ausscheiden, dabei wurde der Farbstoff wieder gelöst und schließlich die Lösung eingedampft, der Rückstand getrocknet.

§. 4.

In den kugelrunden Zellen der Flechten ist nach den Untersuchungen von Knop und Schnedermann statt des Chlorophylls ein anderer grüner Farbstoff enthalten, dem diese Chemiker den Namen Thallochlor gegeben haben.

Einer Elementaranalyse haben Knop und Schnedermann das Flechtengrün oder Thallochlor nicht unterworfen, weil es nur in äußerst geringer Menge aus den Flechten gewonnen und nur mit großer Mühe gereinigt wird.

Das Thallochlor ist unlöslich in Wasser, dagegen wird es in starkem Weingeist und in Aether mit dunkelgrüner Farbe gelöst. Ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal vom Chlorophyll geben Knop und Schnedermann dahin an, daß das Thallochlor von Salzsäure wenig oder gar nicht gelöst wird.

Gegen Basen verhält sich das Flechtengrün wie eine schwache Säure; aus der alkoholischen Lösung wird es mittelst trocknen Kalkhydrats gelbgrün, durch eine weingeistige Lösung von essigsaurem Bleioxyd grün gefällt.

Knop und Schnedermann bereiteten das Flechtengrün aus Cetraria islandica. Das isländische Moos wurde mit Aether ausgezogen. Wie der Aether theilweise abdestillirt wurde, schied sich verunreinigende Cetrarsäure aus. Nach der Filtration wurde der Aether ganz verdampft, der Rückstand in kochendem Weingeist gelöst und die Lösung mit etwas siedendem Wasser versetzt. Durch ein- oder zweimalige Wiederholung dieses Verfahrens wird Lichosterinsäure entfernt, die sich selbst in sehr verdünntem, heißem Weingeist leicht löst. Durch Filtration erhält man das Thallochlor, das jedoch noch mit Cetrarsäure und mit einem braunen Körper, der an der Luft aus Thallochlor entsteht, verunreinigt ist. Da sich diese verunreinigenden Stoffe in Steinöl nicht lösen, Thallochlor dagegen wohl, so läßt sich das Flechtengrün aus dem Rückstand durch Steinöl auflösen. Diese Lösung eingedampft, der Rückstand getrocknet, giebt mit Aether oder

ſtarkem Weingeiſt dunkelgrüne Löſungen, in welchen das Flechtengrün nur noch mit Fett verunreinigt iſt. Die weingeiſtige Löſung giebt mit eſſigſaurem Blei, das in Alkohol gelöſt iſt, den vorhin erwähnten grünen Niederſchlag, den man mit Aether auskocht, um das Fett vollends zu entfernen, und dann mittelſt Eſſigſäure zerlegt. Auf dieſe Weiſe läßt ſich das Thallochlor als eine ſpröde, pulveriſirbare Maſſe gewinnen [1]).

§. 5.

In der Wurzel von **Rubia tinctorum** und **Rubia mungista** iſt nach Decaisne eine gelbliche Flüſſigkeit enthalten, welche das Innere der Zellen erfüllt. Die jugendliche Wurzel iſt blaßgelb und nimmt erſt mit zunehmendem Alter eine dunklere Farbe an.

An der Luft röthet ſich die Wurzel und zwar zuerſt in dem Theil des Zellgewebes, welcher den Gefäßen am nächſten iſt. Zu dieſen Gefäßen gehören die Saftgefäße. Darauf röthet ſich der Inhalt derjenigen Zellen, welche in den Zwiſchenräumen der punktirten Gefäße in der Mitte der Wurzel liegen. Zuletzt entſteht die rothe Farbe an verſchiedenen Stellen des Zellgewebes, welches den fleiſchigen Theil der Wurzel darſtellt.

Das Weſentliche dieſes Vorkommens beruht darauf, daß die farbige Flüſſigkeit in den Zellen und in den Saftgefäßen, nicht in beſonderen Höhlungen ihren Sitz hat (Decaisne) [2]).

Bei jener Röthung ſcheidet ſich der Farbſtoff in der Geſtalt von Körnchen aus, welche nach Art der Harze zum Theil in Alkohol gelöſt werden. Jod färbt die Körnchen nicht blau, und man kann dieſelben mittelſt des Mikroſkops nur wahrnehmen, wenn mehre Körnchen ſich zu einem Häufchen vereinigt haben, was indeß nach meinen Erfahrungen regelmäßig geſchieht.

Durch jene Beobachtungen von Decaisne werden demnach die früheren Angaben von Chevreul und Köchlin beſtätigt, daß das Krapproth als ſolches nicht in der friſchen Krappwurzel enthalten

1) Knop und Schnedermann in Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LV, S. 154, 155.

2) Erdmann und Marchand, Journal, Bd. XV, S. 395.

iſt, ſondern erſt aus einem gelben Farbſtoffbildner (Chromogen, Schloßberger) hervorgeht.

Urſprünglich beſteht das Krapproth vorzugsweiſe aus Alizarin, dem Wolff und Strecker die Formel $C^{20}H^6O^6$ beilegen [1]). Das Alizarin kryſtalliſirt nach Debus in morgenrothen, durchſichtigen, langen Nadeln und Säulen.

In Waſſer und Alkohol wird Alizarin ſelbſt in der Siedhitze nur wenig gelöſt; es nimmt dabei eine gelbe Farbe an. Starke Schwefelſäure erzeugt mit dem Alizarin eine dunkel gelbbraune Löſung, aus welcher das Waſſer tief orangefarbige Flocken niederſchlägt In ätzenden und kohlenſauren Alkalien löſt ſich das Alizarin leicht, mit prächtig purpurrother Farbe; durch Säuren entſteht ein Nieder. ſchlag von tief orangefarbigen Flocken.

Kalk- und Barytwaſſer geben in der Kalilöſung, die Salze von Bittererde und Eiſenoxyd in der ammoniakaliſchen Löſung des Alizarins purpurfarbige Niederſchläge.

Eine Auflöſung von Zinnoxydul in kauſtiſchem Kali reducirt das Alizarin. Schunck [2]).

Bei der Gährung des Krapps verwandelt ſich das Alizarin in Purpurin $C^{18}H^6O^6$. Wolff und Strecker.

Um das Alizarin aus der Krappwurzel zu gewinnen, verfährt Schunck in folgender Weiſe. Die Wurzel wird mit einer reichlichen Waſſermenge mehre Stunden lang gekocht und ſiedendheiß durch ein Stück Zitz gegoſſen. Durch Säuren erhält man aus dieſer dunkelbraunen Löſung einen dunkelbraunen Niederſchlag, der ſo lang mit kaltem Waſſer gewaſchen werden muß, bis alle Säure entfernt iſt. Der Rückſtand wird dann mit kochendem Alkohol ausgezogen, der in der Siedhitze filtrirt wird und beim Erkalten Harz abſetzt. Die filtrirte Löſung wird zum Kochen erhitzt und darauf mit friſch gefälltem Thonerdehydrat verſetzt. Das Alizarin bildet mit der Thonerde einen rothen Niederſchlag, der aber zugleich noch andere Stoffe enthält; von dieſen Verbindungen bleibt beim Kochen mit einer Löſung

---

1) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXXV, S. 1—27.

2) Vgl. Schunck in Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXVI, S. 188—190.

von kohlensaurem Kali nur die Alizarin-Thonerde ungelöst. Die tief braunrothe Alizarin-Thonerde wird durch kochende Salzsäure zersetzt; das Alizarin bleibt als ein hellrothes, etwas krystallinisches Pulver zurück, das gehörig ausgewaschen und schließlich aus kochendem Alkohol umkrystallisirt werden muß [1]).

§. 6.

Die Blüthen von Carthamus tinctorius, die den bekannten Saflor liefern, enthalten einen rothen Farbstoff, das Carthamin.

Nach den neuesten Untersuchungen Schlieper's besitzt das Carthamin die Formel $C^{14} H^8 O^7$, welche eine Isomerie mit der Kaffeegerbsäure ausdrücken würde, wenn nicht von Schlieper außerdem 0,3 Procent Stickstoff in dem Carthamin gefunden wären [2]). Es gelang bisher nicht das Mischungsgewicht dieses Farbstoffs zu bestimmen.

Schlieper beschreibt das Carthamin als ein dunkel braunrothes, grünlich schillerndes Pulver, das in dünnen Schichten oder auch in Weingeist gelöst die schönste Purpurfarbe zeigt.

Das Carthamin löst sich ziemlich leicht in Alkohol, zumal in warmem, schwer in Wasser, gar nicht in Aether. In kohlensauren und in ätzenden Alkalien wird das Carthamin in jedem Verhältnisse gelöst. Trotzdem ist nach Schlieper das Carthamin durchaus als ein indifferenter Körper zu betrachten.

Alkalische, ja selbst wässerige und alkoholische Lösungen des Carthamins werden beim Kochen zersetzt, und diese außerordentliche Unbeständigkeit ist für das Carthamin bezeichnend. Durch das Kochen in Alkohol entsteht nach Schlieper ein gelbes Oxydationsprodukt, dessen Analyse zu der empirischen Formel $C^{14} H^7 O^9$ geführt hat. Indem das Carthamin 1 Aeq. Wasser verliert und 3 Aeq. Sauerstoff aufnimmt, soll dieser neue Körper entstehen:

Carthamin

$$C^{14} H^8 O^7 - HO + O^3 = C^{14} H^7 O^9.$$

---

1) Schunck, ebendaselbst S. 176—179.

2) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LVIII, S. 364.

Aus den Blüthen von Carthamus tinctorius wird zur Bereitung des Carthamins durch Waschen mit Wasser erst ein gelber Farbstoff, das Saflorgelb, entfernt. Darauf wird der Saflor mit einer Lösung von kohlensaurem Natron ausgezogen. Die rothe Lösung wird allmälig mit Essigsäure gesättigt, wobei sich das Carthamin auf Baumwolle, die man in die Lösung bringt, niederschlägt. Von der gewaschenen Baumwolle wird dann wieder der Farbstoff in Alkalien gelöst, der auf den Zusatz von Citronensäure in leichten, schön carminrothen Flocken niederfällt, die durch Decantiren gewaschen werden, weil Filtrirpapier das fein zertheilte Carthamin durch seine Poren hindurchläßt, so wie das Waschwasser keine Salze mehr enthält [1]).

§. 7.

Die kaum aufgeblühte Pflanze von Carthamus tinctorius ist am reichsten an Farbstoff. Neben dem soeben beschriebenen Carthamin enthält der Saflor einen gelben Farbstoff, das sogenannte Saflorgelb.

Schlieper hat dasselbe analysirt und, ohne das Mischungsgewicht bestimmen zu können, die empirische Formel $C^{24} H^{15} O^{15}$ gefunden. Der Körper enthielt außerdem etwas Stickstoff, indeß noch kein halbes Procent.

Das Saflorgelb ist in Wasser und in Alkohol löslich. Die wässerige Lösung reagirt sauer; sie besitzt eine dunkel braungelbe Farbe, einen eigenthümlichen Geruch und einen bitter salzigen Geschmack.

In der wässerigen Lösung nimmt das Saflorgelb sehr leicht Sauerstoff auf, und dabei scheidet sich ein in Wasser unlöslicher, in Alkohol dagegen sehr leicht löslicher, brauner Körper ab, dessen Zusammensetzung Schlieper durch die empirische Formel $C^{24} H^{12} O^{13}$ ausdrückt. Diese und die Formel des Saflorgelbs haben nach Schlieper keinen anderen Werth, als das Verhältniß des Sauerstoffs in beiden Körpern zu versinnlichen. Denn:

$$C^{24} H^{15} O^{15} - 3\,HO + O = C^{24} H^{12} O^{13}.$$

Zur Bereitung des Saflorgelbs wird nach Schlieper bengalischer Saflor mit Wasser ausgezogen und die mit Essigsäure angesäuerte

1) Schlieper, a. a. O. S. 362, 363.

Flüſſigkeit mit eſſigſaurem Bleioxyd verſetzt, das gummiartige Stoffe und Eiweiß niederſchlägt, den Farbſtoff jedoch in Verbindung mit Bleioxyd in der Eſſigſäure gelöſt läßt. Durch Sättigung mit Ammoniak wird die Verbindung des Bleioxyds mit Saflorgelb in orangegelben Flocken ausgeſchieden. Verdünnte Schwefelſäure trennt den Farbſtoff vom Blei, und ein Zuſatz von eſſigſaurem Baryt entfernt die überſchüſſig zugefügte Schwefelſäure. Nach der Filtration wird die Flüſſigkeit bis zur Syrupsdicke eingedampft, ſodann mit Alkohol von zurückgebliebenem Eiweiß und Gummi getrennt, die alkoholiſche Farbſtofflöſung filtrirt und abgedampft. Waſſer löſt hierauf den reinen Farbſtoff mit ſchön gelber Farbe, während er den oxydirten braunen Farbſtoff, der ſich bei der Darſtellung bildete, ungelöſt zurückläßt [1]).

§. 8.

In dem Sandelholz von **Pterocarpus santalinus** iſt ein harzähnlicher rother Farbſtoff enthalten, den Pelletier als Santalin, Meyer als Santalſäure beſchrieben hat.

Nach den Analyſen von Weyermann und Häffely wird das Santalin ausgedrückt durch die Formel $C^{30}H^{14}O^{10}$ [2]).

Dieſer Farbſtoff iſt in Waſſer unlöslich, löſt ſich dagegen mit blutrother Farbe in Alkohol und in Aether. In Alkalien, in den feuerbeſtändigen wie im flüchtigen Ammoniak, löſt er ſich mit violetter Farbe. Auch in warmer Eſſigſäure und in ſtarker Schwefelſäure wird er gelöſt.

Löſungen des freien Santalins röthen das Lackmus. Der ſaure Farbſtoff verbindet ſich mit Kalk und Baryt zu Salzen, die in Waſſer beinahe ganz unlöslich ſind.

Man gewinnt das Santalin, indem man das Sandelholz mit Aether auszieht und die ätheriſche Auflöſung mit Bleioxydhyrat verſetzt. Dann wird nach Bolley [3]) das Bleioxyd röthlich violett gefärbt. Leitet man nun Schwefelwaſſerſtoff in die Flüſſigkeit, dann

---

1) Schlieper in Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LVIII, S. 358 u. folg.

2) Liebig und Wöhler, Annalen Bd. LXXIV, S. 227, 228.

3) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXII, S. 132, 133.

wird dieſe beinahe ganz farblos, und zwar haftet der Farbſtoff am Schwefelblei, aus welchem er durch Alkohol ausgezogen wird.

§. 9.

Das Blauholz von **Haematoxylon campechianum** führt einen blaßgelben Farbſtoff, das Hämatoxylin, welches als der Mutterkörper des rothen Hämateins betrachtet werden darf.

Nach Erdmann's Analyſen gehört dem Hämatoxylin die Formel $C^{40}H^{17}O^{15} + 8\,HO$. Die Kryſtalle dieſes Farbſtoffs ſind blaßgelbe, durchſichtige, ſtark glänzende, ſchiefe rectangulaire Säulen.

In kaltem Waſſer, in Weingeiſt und in Aether wird das Hämatoxylin nur langſam gelöſt.

Alkalien löſen das Hämatoxylin mit Leichtigkeit und beſtimmen daſſelbe zur Aufnahme von Sauerſtoff. In Kali wird das Hämatoxylin erſt veilchenblau, dann purpurroth und zuletzt braun. Die ammoniakaliſche Löſung wird an der Luft ſchwarzroth und ſcheidet auf den Zuſatz von Eſſigſäure das roſtfarbige Hämatein aus.

Dieſes Hämatein, deſſen Zuſammenſetzung durch die Formel $C^{40}H^{14}O^{16}$ ausgedrückt wird, löſt ſich ſchwer in kaltem Waſſer, noch ſchwerer in Aether, dagegen leicht in heißem Waſſer und in Alkohol. Getrocknet nimmt das Hämatein eine dunkelgrüne Farbe und Metallglanz an. Es giebt jedoch ein rothes Pulver und ſcheint in dünnen Schichten roth durch.

Man gewinnt das Hämatoxylin aus dem Extract des Blauholzes, das, weil es leicht zuſammenbackt, mit Quarzſand gemengt und dann mit Aether ausgezogen wird. Von der filtrirten Löſung wird der Aether abdeſtillirt, der Rückſtand mit Waſſer verſetzt, und durch Umkryſtalliſiren werden die blaßgelben Säulen des Hämatoxylins gewonnen.

§. 10.

In der Aloë, dem eingedampften bitteren Safte, der unter der Oberhaut der Blätter von **Aloë soccotrina, A. spicata, A. vulga-**

ris in eigenen Gefäßen vorkommt[1]), findet ſich ein Körper, der im reinen Zuſtande urſprünglich beinahe farblos iſt, an der Luft jedoch eine tief rothe Farbe annimmt. Es iſt Robiquet's Aloëtin.

Robiquet giebt dieſem Körper, der in Schuppen kryſtalliſirt, die Formel $C^6 H^{14} O^{10}$, erklärt jedoch dieſen Ausdruck ſelbſt für empiriſch[2]).

Das Aloëtin iſt leicht löslich in Waſſer und Alkohol, dagegen wenig in Aether und gar nicht in ätheriſchen oder fetten Oelen. Es iſt ein Körper von harziger Beſchaffenheit. Die Kryſtallſchuppen brauchen nur an der Luft getrocknet zu werden, um die oben erwähnte rothe Farbe anzunehmen.

Salpeterſäure erzeugt aus dem Aloëtin neben anderen Zerſetzungsprodukten die Chryſamminſäure, die im trocknen Zuſtande ein amorphes, bisweilen kryſtalliniſches Pulver darſtellt, von gelber Farbe, bisweilen mit einem Stich ins Grüne. Die Chryſamminſäure iſt in kaltem Waſſer wenig löslich, leichter in der Siedhitze, noch leichter in Alkohol und Aether. Die Löſungen ſind purpurroth[3]). Chryſamminſäure iſt nach Mulder eine ebenſo kräftige Säure wie die Kleeſäure. Die meiſten Salze derſelben ſind ſchön roth, einige, z. B. die Eiſenſalze, violett. Nach Robiquet iſt die Formel der Chryſamminſäure $N^2 C^{15} H^2 O^{13}$, nach Mulder $N^2 C^{14} HO^{11} + HO$.

Die Darſtellung des Aloëtins iſt nach Robiquet[4]) folgende. Gepulverte Aloë wird mit kaltem Waſſer ausgezogen, die Löſung im Waſſerbade zur Hälfte eingedampft und mit eſſigſaurem Bleioxyd im Ueberſchuß verſetzt. Dabei entſteht ein Niederſchlag, der hauptſächlich Gallusſäure, Ulminſäure und Eiweiß aus der Löſung entfernt. Dieſe wird mit Ammoniak niedergeſchlagen; der Niederſchlag bildet einen ziemlich reinen orangegelben Lack, aus Aloëtin und Bleioxyd beſtehend. Schwefelwaſſerſtoff ſcheidet das Blei ab. Die über dem Schwefelblei ſtehende farbloſe Flüſſigkeit wird im luftleeren Raum verdampft. Dann erhält man das Aloëtin in Form eines ſchuppigen Firniſſes.

---

1) Vgl. G. Biſchoff, Medicinisch-pharmaceutiſche Botanik, Erlangen, 1844, S. 704. 705.

2) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LX, S. 298.

3) Mulder, scheikundige onderzoekingen, Deel IV, p. 466, 467.

4) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LX, S. 297.

§. 11.

Indigo ist ein blauer Farbstoff, der als solcher nicht im Pflanzenreich vorkommt, sondern durch Aufnahme von Sauerstoff aus dem Indigweiß hervorgeht. Letzteres findet sich wahrscheinlich in löslicher Verbindung mit Basen in mehren Indigofera-Arten, in **Nerium tinctorium, Isatis tinctoria, Polygonum tinctorium, Wrightia tinctoria, Galega tinctoria** u. a. Es ist nicht in allen Arten derselben Gattung vorhanden[1]).

Das Indigweiß besitzt nach Dumas die Formel $NC^{16} H^5 O + HO$. Es löst sich nicht in Wasser, wohl aber in Alkohol und Aether, und leicht in Alkalien. Die alkalischen Lösungen sind gelb und geben mit verschiedenen Metallsalzen Niederschläge von verschiedener Farbe. Auch durch Säuren werden die alkalischen Lösungen gefällt.

Am wichtigsten ist aber die Neigung des Indigweißes Sauerstoff aufzunehmen, wobei es sich in Indigblau, $NC^{16} H^5 O^2$, verwandelt, das sich von dem wasserfreien Indigweiß nur durch Mehrgehalt von 1 Aeq. Sauerstoff unterscheidet. Das Indigblau ist in Wasser, Alkohol, Aether, Alkalien, verdünnter Salzsäure und Schwefelsäure unlöslich, wird jedoch in starker Schwefelsäure mit dunkelblauer Farbe gelöst.

Daß der Farbstoffbildner des Indigblaus wirklich im farblosen Zustande in der Pflanze vorkommt, geht daraus hervor, daß Pelletier ein Blatt von **Indigofera**, indem er das Blattgrün in Aether löste, vollständig entfärben konnte und es nachher an der Luft blau werden sah. Trotzdem hat man bisher das Indigweiß nicht unmittelbar aus den betreffenden Pflanzentheilen gewinnen können, sondern nur durch Reduction des Indigblaus. Zu dieser benützt man bald schwefelsaures Eisenoxydul und Kalk, bald Traubenzucker nebst Kali.

§. 12.

Die Orseille ist das Erzeugniß mehrer Flechtenarten, die verschiedene Farbstoffbildner enthalten, aus welchen trotz der ursprünglichen

---

1) Vgl. Schloßberger, Lehrbuch der organischen Chemie. Stuttgart 1850. S. 507.

Verſchiedenheit häufig dieſelben farbigen Körper hervorgehen. Hierher gehörige Flechten ſind vorzugsweiſe die **Roccella tinctoria, Lecanora parella, Lecanora tartarea, Variolaria dealbata, Evernia prunastri, Gyrophora pustulata**, u. a.

Zum Vertreter der Farbſtoffbildner dieſer Flechten wähle ich die in **Roccella tinctoria** vorkommende Erythrinſäure, welche nach den Analyſen von Stenhouſe die Formel $C^{20}\ H^{10}\ O^9 + HO$ beſitzt[1]).

Die farbloſe und geruchloſe Erythrinſäure löſt ſich nur ſehr ſchwer in kaltem, und erſt in 240 Theilen heißem Waſſer, leicht dagegen in Alkohol und Aether. Chlorkalk ertheilt ihr eine blutrothe Farbe.

Wenn man die Erythrinſäure mit Barytwaſſer kocht, dann zerfällt ſie in Orſellinſäure und Pikroerythrin:

2 Aeq. Erythrinſäure — Orſellinſäure — Pikroerythrin.

$$C^{40}\ H^{22}\ O^{20} + 2HO = C^{16}\ H^8\ O^8 + C^{24}\ H^{16}\ O^{14}.$$

Die Orſellinſäure ſelbſt zerfällt beim weiteren Kochen in Orcin und Kohlenſäure:

Orſellinſäure — Orcin.

$$C^{16}\ H^8\ O^8 = C^{14}\ H^8\ O^4 + 2\,CO^2.$$

Orcin kryſtalliſirt in großen farbloſen Prismen, die ſich ſehr leicht in Waſſer und Weingeiſt löſen und ſtark ſüß ſchmecken. Dieſer Stoff nun iſt der nächſte Mutterkörper des Farbſtoffs der Orſeille und kann noch aus mehren anderen Flechtenſtoffen gewonnen werden. Setzt man nämlich das Orcin im feuchten Zuſtande der Luft und der Einwirkung des Ammoniaks aus, dann verwandelt es ſich in Orcein, $NC^{14}\ H^7\ O^6$ Laurent, das mit Ammoniak eine tiefrothe, mit den feuerbeſtändigen Alkalien eine violette Farbe erzeugt. Da das Orcin bei der Umwandlung in Orcein wirklich Sauerſtoff und Ammoniak aufnimmt, ſo läßt ſich die Bildung des Orceins durch folgendes Schema verſinnlichen:

Orcin — Orcein

$$C^{14}\ H^8\ O^4 + O^6 + NH^3 = NC^{14}\ H^7\ O^6 + 4\,HO\ (^2).$$

---

1) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXVIII, S. 73.

2) Vgl. Schloßberger, a. a. O. S. 544.

Auf dieſem Wege entſteht aus der Erythrinſäure, wie aus vielen anderen Säuren der Flechten, der Farbſtoff der Orſeille.

Nach Stenhouſe wird die Erythrinſäure aus **Roccella tinctoria** gewonnen, indem die Flechte mit überſchüſſiger Kalkmilch gekocht und darauf die Flüſſigkeit durch Salzſäure geſättigt wird. Es entſteht ein gallertartiger Niederſchlag, der nach dem Waſchen und Trocknen in heißem — jedoch nicht kochendem — Alkohol gelöſt wird. Durch Entfärbung mit Kohle und Umkryſtalliſiren wird die Erythrinſäure gereinigt [1]).

§. 13.

Eine ſehr verbreitete Säure, welche in vielen **Usnea**-Arten, ferner in mehren Arten der Gattung **Cladonia**, in **Parmelia**, **Evernia**, **Ramalina**, **Alectoria** und anderen Flechten gefunden wurde, iſt die Uſneaſäure oder Uſninſäure.

Nach Knop wird ſie in den Salzen, wie im freien Zuſtande, ausgedrückt durch die Formel $C^{38}\,H^{17}\,O^{14}$ [2]). Aus Aether kryſtalliſirt die Uſninſäure in ſtrohgelben bis ſchwefelgelben, durchſichtigen Blättchen.

Sie iſt unlöslich in Waſſer, ſehr wenig löslich ſelbſt in heißem Alkohol; in kaltem Aether wird ſie ſchwer, dagegen leicht in kochendem Aether gelöſt. Auch ihre Alkaliſalze ſind in Waſſer ſchwer löslich.

Starkes Aetzkali löſt die Uſninſäure in der Wärme mit karminrother Farbe. Die Löſung giebt mit Säuren einen goldgelben Niederſchlag. Jene rothe Farbe iſt hier nicht durch Orceinbildung bedingt.

Für die Uſninſäure empfiehlt Stenhouſe dieſelbe Bereitungsweiſe, die im vorigen Paragraphen für die Erythrinſäure beſchrieben wurde.

§. 14.

Ueber die Menge der Farbſtoffe in den betreffenden Pflanzen-

---

1) Stenhouſe, in den Annalen von Liebig und Wöhler, a. a. O. S. 58.

2) Knop, in Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. XLIX, S. 105, 115.

theilen ist die Wissenschaft arm an Zahlen. Die folgenden geben ein Bild von den jetzt bekannten Verhältnissen.

	In hundert Theilen.	
Chlorophyll	in geschälten Gurken	0,04 John.
„	in unreifen Birnen .	0,08 Bérard.
„	in reifen Birnen .	0,01 Bérard.
„	in unreifen Reine Clauden	0,03 Bérard.
„	in reifen Reine Clauden	0,08 Bérard.
„	im Saft von Brassica oleracea viridis .	0,63 Schrader.
„	im Samen von Carum Carvi	0,70 Trommsdorf.
„	in Erbsen	1,20 Braconnot.
Thallochlor	in Cetraria islandica	0,80 Mittel aus 2 Bestimmungen, Berzelius, Knop und Schnedermann.
Carthamin	im Saflor	0,41 Mittel aus 8 Bestimmungen, Salvétat[1])
Saflorgelb	im Saflor (mit schwefelsauren Salzen verunreinigt)	26,13 Mittel aus 8 Bestimmungen, Salvétat[1]).
Aloëtin	in trockner Succotrinaloë	85,00 Robiquet.

§. 15.

Es liegt schon in der so überaus verschiedenen Natur der Farbstoffe, daß sich über ihre Entwicklungsgeschichte kaum etwas Allgemeines aussagen läßt. Sind doch die oben beschriebenen Körper zum Theil stickstoffhaltig, zum Theil stickstofffrei, und wenn man die vollendeten Farbstoffe neben den Farbstoffbildnern berücksichtigt, so findet man unter den stickstofffreien die drei Prout'schen Klassen vertreten. Während z. B. das Alizarin und Purpurin des Krapps und das Saflorgelb Wasserstoff und Sauerstoff im Wasserbildungsverhält-

1) Annales de chim. et de phys. 3e série, T. XXV. p. 340.

niß führen, übertrifft die Wasserstoffmenge in den meisten oben genannten Farbstoffen den Sauerstoffgehalt, welcher letztere seinerseits in dem Hämatein größer ist, als dem Wasserbildungsverhältniß entspricht.

Chlorophyll und Chrysamminsäure sind durch einen bedeutenden Reichthum an Sauerstoff ausgezeichnet. Und wie die Chrysamminsäure mittelst Salpetersäure aus dem Aloëtin erzeugt wird, so läßt es sich kaum bezweifeln, daß das Blattgrün durch Aufnahme von Sauerstoff aus den eiweißartigen Körpern hervorgeht.

Trotzdem scheiden die Pflanzen bekanntlich gerade dann Sauerstoff aus, wenn sie grün werden. Und im Licht, welches die Zersetzung der Kohlensäure in den Werkzeugen der Pflanzen so kräftig befördert, kommt vorzugsweise die grüne Farbe zur Entwicklung. Daß Alexander von Humboldt grüne Gräser in dunkelen Gruben wachsen sah, gehört entschieden zu den Ausnahmen, und die Spargeln werden grün, nachdem sie kaum die Köpfe über die Erde erheben.

Ja man muß mehr sagen, nur die grünen Pflanzentheile hauchen Kohlensäure aus. Von farbigen Blumenblättern wird Kohlensäure ausgeschieden und Sauerstoff eingesogen (Senebier).

Es war Mulder's Verdienst, diesen scheinbaren Widerspruch aufzulösen, indem er auf das sauerstoffarme Wachs, welches das reine Blattgrün beständig begleitet, die Aufmerksamkeit lenkte. Indem sich Stärkmehl in dieses Wachs verwandelt, wird eine sehr bedeutende Menge Sauerstoff frei (vgl. oben S. 154). Ein Theil dieses Sauerstoffs kann die Eiweißkörper oxydiren, kann Blattgrün erzeugen; die größere Hälfte wird von den Blättern ausgehaucht.

Ganz richtig ist von Mulder der Vorgang so aufgefaßt: die Blätter entwickeln Sauerstoff nicht weil sie grün sind, sondern indem sie grün werden [1]).

Im Dunkeln erblassen die Pflanzen. Allein nicht nur die Entziehung des Lichts, auch der Mangel an gewissen Mineralbestandtheilen hindert die Entstehung des Chlorophylls. Die Behauptung, daß die grüne Farbe der Pflanzen nicht zu Stande kommt, wenn im Boden das Eisen fehlt, hat wohl Manchen zum Zweifel veranlaßt, der mit Recht die Verwirrung fürchtet, welche die Uebertragung thierischer Zustände auf die Pflanze so häufig veranlaßt hat. Allein erst vor

1) Vgl. meine Uebersetzung von Mulder's physiologischer Chemie, S. 274.

Kurzem hat es Salm Horstmar bestätigt: ohne Eisen im Boden fehlt der Haferpflanze die grüne Farbe; sie wird mehr oder weniger Pflanzen ähnlich, die ohne Licht gezogen sind; die Blüthenbildung hört auf [1]).

Aus dem Blattgrün entwickelt sich im Lichte Blattgelb; unter Aufnahme von Sauerstoff verschwindet im Herbst die grüne Farbe. Weil der Sauerstoff im Lichte das Chlorophyll in Xanthophyll verwandelt, so können die Blätter nur grün bleiben, wenn immer neues Chlorophyll gebildet wird. Im Herbst erreicht diese Entwicklung ihr Ende und so werden die Blätter gelb. Dasselbe geschieht nach Mulder, wenn Insektenstiche oder Hagelkörner die Blätter verletzen; es entstehen gelbe, braune, rothe Flecken mitten in einem gesunden Blatte.

Das rothe Herbstlaub verdankt aller Wahrscheinlichkeit nach seine Farbe gleichfalls verändertem Chlorophyll. Es ist kein Widerspruch, wenn Mohl trotzdem noch Chlorophyllkörnchen in rothen Herbstblättern vorfand. Denn nach Mulder ist die Menge desselben bedeutend vermindert [2]). Weil man die Zusammensetzung des Blattroths nicht kennt, so läßt sich nach den vorliegenden Thatsachen nicht entscheiden, ob die Entwicklung desselben an die Aufnahme von Sauerstoff geknüpft ist. Es spricht indeß dafür die Beobachtung, daß Blattroth durch desoxydirende Stoffe, z. B. durch schwefelsaures Eisenoxydul, eine grüne Farbe annimmt, von welcher freilich nicht ausgemacht ist, ob sie wahres Chlorophyll darstellt [3]). Der gelbe Farbstoff auf dieselbe Weise behandelt wird nicht grün.

Wenn Blattgelb und Blattroth wirklich aus Blattgrün hervorgehen, so ist es bei der Uebereinstimmung des rothen Farbstoffs mancher Früchte mit dem Blattroth mehr als wahrscheinlich, daß viele andere farbige Pflanzentheile verändertem Blattgrün ihre Farbe verdanken. Es wurde oben bereits erwähnt, daß farbige Blumenblätter, so lange sie in der Knospe eingeschlossen sind, bisweilen eine grüne Farbe besitzen.

Nach Decaisne ist die gelbe Flüssigkeit von Rubia tinctorum, aus welcher die rothen Farbstoffe des Krapps hervorgehen, wirklich

---

1) Salm Horstmar, in Erdmann's Journal, Bd. LII, S. 30.

2) Mulder, a. a. O. S. 294.

3) Mulder, a. a. O. S. 292, 293.

durch oxydirtes Chlorophyll gefärbt [1]). Leider iſt der gelbe Farbſtoffbildner als ſolcher bisher nicht analyſirt. Bis es jedoch zur Erzeugung des Alizarins gekommen iſt, muß das Chlorophyll vor allen Dingen ſeinen Stickſtoff verlieren.

Aus dem blaßgelben Hämatoxylin wird durch Aufnahme von Sauerſtoff das farbige Hämatein:

Hämatoxylin. Hämatein.

$$C^{40}\,H^{17}\,O^{15} - 3\,HO + O^{4} = C^{40}\,H^{14}\,O^{16}.$$

In ähnlicher Weiſe wird das Aloëtin, welches im reinen Zuſtande beinahe farblos iſt, an der Luft tief roth.

Indigweiß verwandelt ſich durch Oxydation in Indigblau.

Wenn die Uſninſäure in erwärmtem Aetzkali mit tief rother Farbe gelöſt wird, ſo iſt wahrſcheinlich auch die Einwirkung des Sauerſtoffs die Urſache der Röthung.

In anderen Fällen wird die Wirkung des Sauerſtoffs durch Ammoniak unterſtützt, wie wenn Phlorrhizin an der Luft durch Einwirkung von Ammoniakgas in Phlorrhizein übergeführt wird. So ſehen wir den Farbſtoff der Orſeille aus Orcin, Sauerſtoff und Ammoniak entſtehen.

Die urſprünglichen Farbſtoffbildner ſind leider beinahe ſämmtlich unbekannt, und namentlich die Zuſammenſetzung iſt nur bei ganz einzelnen erforſcht. Preißer hatte einige wenige Farbſtoffbildner analyſirt und beſchrieben. Ich nahm jedoch auf ſeine Arbeit keine Rückſicht, da die Beobachtungen derſelben nach den Unterſuchungen von Elsner [2]), Schlieper [3]) und Bolley [4]) als durchaus irrthümlich zu verwerfen ſind. Aus Preißer's Verſuchen darf demnach die Fol-

---

1) Erdmann und Marchand, Journal für praktiſche Chemie, Bd. XV, S. 397, 398.

2) Erdmann und Marchand, Journal für praktiſche Chemie Bd. XXXV, S. 378. Die erſte Widerlegung von Preißer's Angaben rührt von Arppe her (Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LV, S. 102, 103). Da ſich jedoch die Arbeit von Arppe, ebenſo wie die ſpätere von Warren de la Rue, auf die Cochenille, einen thieriſchen Farbſtoff, bezieht, ſo gehört ſie ſtreng genommen nicht hierher.

3) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LVIII, S. 367.

4) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXII, S. 129 u. folg.

gerung nicht abgeleitet werden, daß alle Farbstoffe durch Oxydation aus farblosen Farbstoffbildnern hervorgehen.

Nichtsdestoweniger folgt aus der Beachtung der oben erörterten Thatsachen, daß der Sauerstoff in sehr vielen, um nicht zu sagen in allen gehörig untersuchten Fällen, die letzte Bedingung der Farbe ist. Gerade hierdurch wird es vortrefflich erklärt, weshalb die Blumen nur im Licht ihre Farbenpracht entfalten. Denn, wie es Schönbein's sinnige Versuche vor Kurzem lehrten [1]), nur im Licht entwickelt der Sauerstoff seine ganze Macht. Und was man dichterisch Farbengluth nennt, das ist, wie der Chemiker lehrt, in Wirklichkeit das Erzeugniß einer Verbrennung im Lichte.

---

1) Schönbein, in Erdmann's Journal Bd. LI.

Kap. IV.

Die flüchtigen Oele und die Harze.

§. 1.

Weil es keinem Zweifel unterliegt, daß die meiſten Harze zu den flüchtigen Oelen in demſelben Verhältniſſe ſtehen, wie mehre oben beſchriebene Farbſtoffe zu ihren Farbſtoffbildnern, deshalb ſollen die flüchtigen Oele und die Harze nur Eine Abtheilung bilden. In der großen Mehrzahl der Fälle ſind die Harze als reine Oxydationsprodukte der flüchtigen Oele zu betrachten.

Die flüchtigen Oele und die Harze kommen häufiger in Zellen vor als die Säuren, die Alkaloide oder die indifferenten Stoffe. Es iſt aber ſogleich im phyſiologiſchen Sinne eine ſehr bezeichnende Thatſache, daß die Zellen, in welchen jene Körper enthalten ſind, häufig keine andere Stoffe führen, ſo daß die flüchtigen Oele und die Harze einer lebendigen Einwirkung anderer Beſtandtheile entzogen, von dieſen räumlich getrennt ſind [1]).

Theilweiſe ſind die ätheriſchen Oele und die Harze auch in Milchſaftgefäßen eingeſchloſſen, oder ſie finden ſich in wandungsloſen Kanälen, die man als Harzgänge beſchrieben hat, in Intercellulargängen, welche ſonſt Luft führen [2]).

Nicht ſelten iſt das flüchtige Oel durch alle Theile einer Pflanzenart verbreitet, welche letztere gewöhnlich ausſchließlich oder nur mit

---

1) Vgl. Schleiden, a. a. O. Bd. I, S. 196 und Mohl, die vegetabiliſche Zelle, in R. Wagner's Handwörterbuch 1850, S. 251.

2) Mohl, a. a. O. S. 195.

wenigen Genossinnen ein bestimmtes Oel besitzt. Blüthen, Samen und Wurzeln sind jedoch die Theile, welche sich vorzugsweise durch ihren Reichthum an flüchtigem Oel auszeichnen.

Harz schwitzt oft aus den Rinden der Bäume aus, von Gummi und von flüchtigem Oel begleitet. Es geht daraus hervor, daß sich die Harze vielfach in der Nähe der Oberfläche vorfinden. Wo aber immer Harze in Pflanzentheilen auftreten, pflegt jedesmal auch ätherisches Oel vorhanden zu sein.

§. 2.

Die flüchtigen Oele der einzelnen Pflanzen sind häufig aus mehren, gewöhnlich aus zwei verschiedenen Oelen zusammengesetzt. Von diesen ist das eine sauerstofffrei und flüchtiger als das andere sauerstoffhaltige. Jedoch auch dieses enthält wenig Sauerstoff. Sauerstoffarmuth ist überhaupt ein wesentliches Merkmal der flüchtigen Oele.

Mit sehr wenigen Ausnahmen verdanken die Pflanzentheile ihren Geruch den flüchtigen Oelen, die als die eigenthümlichen Riechstoffe der Pflanzen mit den flüchtigen Fettsäuren der Thiere verglichen werden können. Flüchtige Fettsäuren kommen im Allgemeinen selten in der Pflanze vor und sind dann noch häufig an Basen gebunden.

Nach der Stärke des Geruchs darf man jedoch die Menge des flüchtigen Oels in den Pflanzentheilen verschiedener Arten nicht beurtheilen. **Philadelphus coronarius** und **Hyacinthus** enthalten z. B. nur wenig flüchtiges Oel in ihren Blüthen [1]). Aehnlich wie bei den Farbstoffen wird eine mächtige Wirkung durch eine verhältnißmäßig sehr kleine Stoffmenge hervorgebracht.

Im reinen Zustande sind die flüchtigen Oele in der Regel hellgelb oder farblos. Das blaue Kamillenöl und das grüne Cajaputöl sind Ausnahmen. Die meisten ätherischen Oele sind leichter als Wasser. Bei gewöhnlichen Wärmegraden sind sie meist flüssig, das Cumarin jedoch bildet feste Krystalle. Während Citronenöl bei — 20°

1) Vgl. **Delffs**, a. a. O. S. 57.

noch flüſſig iſt, liegt der Gefrierpunkt von Aniſöl, Fenchelöl und anderen über 0°, ja das Cumarin ſchmilzt erſt bei 50°.

Die eigentlichen Löſungsmittel der flüchtgen Oele ſind Alkohol und Aether. In Waſſer ſind ſie jedoch nicht durchaus unlöslich. Die weniger flüchtigen ſauerſtoffhaltigen Oele löſen ſich in Alkohol leichter als die ſauerſtofffreien.

Auch für die Darſtellung der flüchtigen Oele läßt ſich ein allgemeines Verfahren angeben. Die betreffenden Pflanzentheile werden mit Waſſer deſtillirt. In der Vorlage ſammelt ſich das flüchtige Oel über dem Waſſer. Nur bei den in Waſſer leicht löslichen und in den Pflanzen ſpärlich vertretenen Oelen tritt der Uebelſtand ein, daß alles Oel im Waſſer gelöſt bleibt. Dann wird die übergegangene Flüſſigkeit aufs Neue mit friſchen Blüthen, Samen, Wurzeln deſtillirt (cohobirt), bis ſo viel Oel übergegangen iſt, daß das Deſtillat ſich in zwei Schichten trennt.

Da nun die ſo erhaltenen Oele aus einem ſauerſtoffhaltigen und einem ſauerſtofffreien Beſtandtheil zuſammengeſetzt ſind, ſo gilt es dieſe beiden von einander zu trennen. Für das minder flüchtige, ſauerſtoffhaltige gelingt dies, indem man das ſauerſtofffreie abdeſtillirt. Letzteres reißt aber immer etwas ſauerſtoffhaltiges Oel mit ſich. Von dieſem wird es nach Gerhardt und Cahours durch die Behandlung mit ſchmelzendem Aetzkali gereinigt. Dann wird der ſauerſtoffhaltige Theil verändert und zurückgehalten, während das ſauerſtofffreie Oel in reinem Zuſtande übergeht.

§. 3.

In dem Terpenthin, der von Pinus-Arten herrührt, findet ſich neben den Harzen ein flüchtiges Oel, das Terpenthinöl.

Mit Salzſäure verbunden ergab Terpenthinöl bei der Analyſe Zahlen, aus welchen von Blanchet und Sell die Formel $C^{20} H^{16} + HCl$ abgeleitet wurde. Demnach wäre $C^{20} H^{16}$ der richtige Ausdruck für das Terpenthinöl, von welchem Déville ein Hydrat von der Zuſammenſetzung $C^{20} H^{16} + 6 HO$ kennen lehrte [1]).

1) Comptes rendus, XXVIII, p. 324.

Dem Terpenthinöl ist eine große Anzahl von ätherischen Oelen polymer. Für die salzsaure Verbindung des Kümmelöls, des Copaivaöls und des Pomeranzenöls wurde die Formel $C^{10} H^8 + HCl$, für Cubebenöl und Wachholderöl $C^{15} H^{12} + HCl$, für Pfefferöl $C^{25} H^{20} + 2\,HCl$ mitgetheilt [1]). Ebenso sind Citronenöl, Apfelsinenöl, Elemiöl, Fenchelöl, Gewürznelkenöl, Baldrianöl und Birkenöl nach der Formel $C^{10} H^8$ oder einem Multiplum derselben zusammengesetzt. Auf den Ausdruck $C^{10} H^8$ lassen sich alle eben mitgetheilte Formeln zurückführen.

Rautenöl aus Ruta graveolens besteht nach Gerhardt und Cahours aus dem sauerstoffhaltigen Oele $C^{20} H^{20} O^2$, dem in geringer Menge ein Kohlenwasserstoff beigemengt ist. Unter Aufnahme von Sauerstoff verwandelt sich das sauerstoffhaltige Rautenöl in eine Säure, $C^{20} H^{20} O^4$, welche Cahours Rutinsäure nannte. Gerhardt zeigte später, daß die Rutinsäure vollkommen mit der Caprinsäure, $C^{20} H^{19} O^3 + HO$, übereinstimmt. Demnach verhält sich das Rautenöl in seiner Zusammensetzung zur Caprinsäure, wie das Aldehyd zur Essigsäure. Denn

$$\underset{\text{Rautenöl}}{C^{20} H^{20} O^2} + O^2 = \underset{\text{Caprinsäure}}{C^{20} H^{19} O^3} + HO,$$

ebenso wie

$$\underset{\text{Aldehyd}}{C^4 H^4 O^2} + O^2 = \underset{\text{Essigsäure}}{C^4 H^3 O^3} + HO.$$

Mit Einem Worte das Rautenöl ist nichts Anderes als Caprinsäure-Aldehyd. Dies hat R. Wagner in vortrefflicher Weise auch an den Eigenschaften und den Zersetzungsprodukten des Rautenöls bewiesen [2]).

In Salvia officinalis ist ein Gemenge von sauerstoffhaltigen flüchtigen Oelen enthalten, von denen eines nach Rochleder's Analyse durch die Formel $C^{12} H^{10} O$ bezeichnet wird.

Das Zimmtöl der Rinde von Laurus Cinnamomum hat nach Mulder die Formel $C^{20} H^{11} O^2$. Es ist ausgezeichnet durch die Verwandtschaft zum Sauerstoff, durch welchen es sich, wie oben gezeigt wurde, in Harze und Zimmtsäure verwandelt (vgl. S. 296).

---

1) Delffs, a. a. O. S. 66.

2) R. Wagner in Erdmann's Journal, Bd. LII, S. 48 u. folg.

§. 4.

Unter den flüchtigen Oelen trifft man auch einige schwefelhaltige, die hier durch die Oele des Stink-Asands und durch das Senföl vertreten werden mögen.

Hlasiwetz hat die rohen Oele des Milchsafts von Ferula asa foetida analysirt und die nachstehenden Formeln erhalten:

$C^{24}\ H^{22}\ S^{3}$, $C^{48}\ H^{44}\ S^{7}$, $C^{84}\ H^{77}\ S^{12}$ und $C^{36}\ H^{33}\ S^{4}$.

Durch Erhitzen des Stinkasandöls mit Natronkalk gelang es Hlasiwetz als Oxydationsprodukte Valerianſäure, Metacetonſäure ($C^{6}\ H^{5}\ O^{3} + HO$) und Essigsäure zu erhalten; durch Oxydation mittelst Salpetersäure und Chromsäure entstanden Metacetonsäure, Essigsäure und Kleesäure. Von diesen Säuren besitzt die Valerianſäure ($C^{10}\ H^{9}\ O^{3} + HO$) den höchsten Kohlenstoffgehalt, und indem Hlasiwetz die Entstehung dieser flüchtigen Fettsäure mit der Erzeugung von Caprinsäure aus Rautenöl in Zusammenhang bringt, meint er, das Stinkasandöl müsse das Radikal einer Fettsäure enthalten, deren Kohlenstoffgehalt nicht niedriger sein dürfe als der der Valerianſäure. Da der Kohlenstoffgehalt in den Formeln der rohen Stinkasandöle durch 12 theilbar ist, so dachte Hlasiwetz zunächst an das Radikal der Capronsäure ($C^{12}\ H^{11}$) und zerlegte die oben mitgetheilten Formeln in folgender Weise [1]):

$$C^{24}\ H^{22}\ S^{3} = C^{12}\ H^{11}\ S^{2} + C^{12}\ H^{11}\ S,$$
$$C^{48}\ H^{44}\ S^{7} = 3\,C^{12}\ H^{11}\ S^{2} + C^{12}\ H^{11}\ S,$$
$$C^{84}\ H^{77}\ S^{12} = 5\,C^{12}\ H^{11}\ S^{2} + 2\,C^{12}\ H^{11}\ S,$$
$$C^{36}\ H^{33}\ S^{4} = C^{12}\ H^{11}\ S^{2} + 2\,C^{12}\ H^{11}\ S.$$

Das Stinkasandöl, welches selbst in einer Kältemischung nicht erstarrt, ist dadurch ausgezeichnet, daß es in ziemlich bedeutender Menge in Wasser gelöst wird. Es besitzt einen milden, hintennach aber kratzenden Geschmack, röthet jedoch die Haut nicht wie andere schwefelhaltige Oele. Im reinen Zustande ist es weder sauer noch basisch. An der Luft nimmt es leicht Sauerstoff auf. Wie der rohe

1) Hlasiwetz in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXXI, S. 55.

Stinkasand entwickelt es beim Stehen Schwefelwasserstoff (Hlasiwetz).

Das Senföl, welches aus den Samen von **Sinapis nigra** gewonnen werden kann, ist dadurch ausgezeichnet, daß es nicht nur Schwefel, sondern auch Stickstoff enthält. Nach Will's Analysen wird es durch die Formel $NC^8 H^5 S^2$ bezeichnet.

Allein das Senföl ist im Senfsamen nicht fertig gebildet. Aus einem eigenthümlichen Senfstoff, den Bussy Myronsäure nennt, welche an Kali gebunden sein soll, entsteht das Senföl unter dem Einfluß der Senfhefe, des Myrosins von Bussy. Nach Bussy ist das Myrosin der Mandelhefe oder dem Emulsin sehr ähnlich; die Myronsäure enthält Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Schwefel. Da nun dem Senföl der Sauerstoff fehlt, so versteht es sich von selbst, daß die Myronsäure bei ihrer Gährung außer dem Senföl noch andere Stoffe liefern muß.

Das Senföl ist eine hellgelbe Flüssigkeit, die sehr scharf riecht, das Auge zu Thränen reizt und die Haut röthet. Es ist in Wasser schwer löslich, dagegen wie die übrigen flüchtigen Oele leicht in Alkohol und Aether.

§. 5.

Zwei Stoffe, das Cumarin und das Kautschuck, verdienen hier deshalb eine Besprechung, weil sie als Uebergangsglieder zu den Harzen angesehen werden dürfen, jenes wegen seiner Zusammensetzung, dieses wegen seiner Eigenschaften.

Das Cumarin macht unter den flüchtigen Oelen in ähnlicher Weise eine Ausnahme, wie das Thein unter den Alkaloiden, insofern es nicht auf einzelne Pflanzenarten beschränkt, sondern in den Vertretern sehr verschiedener Familien zerstreut ist. Es wurde von Koßmann und Bleibtreu im Waldmeister (**Asperula odorata**), von Guibourt, Boutron und Boullay in den Tonkabohnen von **Dipterix odorata**, von Guillemette in **Melilotus officinalis**, von Bleibtreu in **Anthoxanthum odoratum** und zuletzt von Gobley in den Blättern von **Angraecum fragrans** gefunden [1]).

1) Gobley in Journ. de pharm. et de chim. T. XVII. p. 349.

Das Cumarin hat von Dumas, Gerhardt und Bleibtreu die Formel $C^{18}\,H^{6}\,O^{4}$ erhalten [1]). Durch seinen Sauerstoffgehalt übertrifft es die meisten flüchtigen Oele und nähert sich eben dadurch den Harzen. Es krystallisirt nach Gobley in kurzen Prismen mit schrägen Endflächen, welche kleine, weiße, seidenglänzende Nadeln darstellen, sehr aromatisch riechen und scharf schmecken. Die Krystalle schmelzen bei 50°.

In kaltem Wasser ist das Cumarin wenig löslich, dagegen sehr leicht in warmem Wasser, in Alkohol und in Aether.

Aus lufttrocknem Waldmeister, der kurz vor und während der Blüthe gesammelt war, hat Bleibtreu das Cumarin in folgender Weise bereitet. Die Pflanzentheile wurden mit Weingeist ausgezogen und von der Lösung der Weingeist im Wasserbad entfernt. Der dunkelbraune, syrupdicke Rückstand wurde mit Wasser gekocht, filtrirt, um die ungelösten Stoffe zu entfernen und mit Aether geschüttelt. Nachdem der Aether abdestillirt war, blieb ein gelber Rückstand, der dem Ansehen und dem Geruch nach an Honig erinnerte, und in einiger Zeit die Nadeln des Cumarins anschießen ließ, welche durch oft wiederholtes Umkrystallisiren gereinigt wurden [2]).

§. 6.

Das Kautschuck verdient in physiologischer Beziehung unsre Aufmerksamkeit besonders deshalb, weil es im Pflanzenreich sehr weit verbreitet ist. Es findet sich nämlich im Milchsaft der meisten Pflanzen, und zwar, wie Mohl gezeigt hat, in ungelöstem Zustande, in der Gestalt von Kügelchen, die sich beim Stehen des Milchsafts wie ein weißer Rahm an der Oberfläche sammeln. Reich an Kautschuck ist der Milchsaft der Urticeen, Euphorbiaceen und der Apocyneen.

Nach Faraday's Analyse stimmt die Zusammensetzung des Kautschucks am nächsten zu der Formel $C^{8}\,H^{7}$. Der Mangel an Sauerstoff reiht dasselbe an die flüchtigen Oele.

---

1) Bleibtreu in Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LIX, S. 181.

2) Bleibtreu, a. a. O. S. 179.

Dagegen bildet das Kautschuck einen Uebergang zu den Harzen, namentlich zu den Hartharzen, indem es in kaltem, wie in heißem Wasser ganz unlöslich ist. Auch von Alkohol wird es weder in der Wärme, noch in der Kälte aufgenommen.

Reines Kautschuck ist weiß oder gelblich, durchscheinend, ohne Geruch und ohne Geschmack. Die hervorragendsten Eigenschaften sind die bekannte Elasticität und der kräftige Widerstand, den es Säuren, Alkalien und Gasen, die andere Stoffe heftig angreifen, entgegensetzt.

Gewöhnlich kommt das Kautschuck als Bestandtheil des getrockneten Milchsafts in den Handel. Wenn man den getrockneten Milchsaft mit verdünnten Alkalien, Säuren, Wasser und Alkohol gehörig auswäscht, dann muß zuletzt reines Kautschuck zurückbleiben.

§. 7.

Es ist schon oben angedeutet worden, daß die Harze sich durch einen größeren Sauerstoffgehalt von den flüchtigen Oelen unterscheiden. Sie sind als schwache Säuren zu betrachten. Auch die Harze sind in der Regel Gemenge von mehren verschiedenen Arten, die, wenn sie Einer Pflanze angehören, nur durch Vorsetzung der Buchstaben des griechischen Alphabets (α Harz, β Harz u. s. w.) verschieden benannt werden.

Wasser löst die Harze nicht, Weingeist dagegen die meisten schon in der Kälte. Die letzteren werden Weichharze genannt, während als Hartharze diejenigen bezeichnet werden, die nur in heißem Weingeist löslich sind. In der Regel werden die Harze auch von Aether und von flüchtigen Oelen aufgenommen.

Je nach der Leichtigkeit, mit welcher die Harze in Ammoniak löslich sind oder nicht, und nach der Löslichkeit oder Unlöslichkeit in Kali und Natron hat Unverdorben die Harze in vier Klassen eingetheilt, die nicht selten zur näheren Bestimmung derselben benützt werden.

In der Regel können die Harze dargestellt werden, indem man die betreffenden Pflanzentheile mit kaltem oder warmem Weingeist auszieht. Aus der weingeistigen Lösung wird das Harz durch Wasser gefällt. Bisweilen führt Aether besser zum Ziel. Die niedergeschlagenen Harzarten werden lange bei 100° getrocknet, um von dem sehr hartnäckig anhängenden Weingeist oder Aether befreit zu werden.

§. 8.

Fichtenharz iſt der Hauptbeſtandtheil des oben bereits erwähnten Terpenthins. Es beſteht aus zwei Harzen, von denen das Alphaharz oder die Pininſäure mit dem Betaharz oder der Silvinſäure iſomer iſt. Beide laſſen ſich nach H. Roſe durch die Formel $C^{40}H^{30}O^4$ ausdrücken.

Die Pininſäure iſt nicht kryſtalliſirbar, löſt ſich aber in kaltem Weingeiſt; die Silvinſäure kryſtalliſirt in rhomboidiſchen Tafeln, wird jedoch nur durch heißen Alkohol gelöſt.

Beide Säuren bilden mit den Alkalien in Waſſer lösliche Salze, die mit einem Ueberſchuß des Alkalis einen Niederſchlag erzeugen.

In der Rinde von Pinus sylvestris wurde von Stähelin und Hofſtätter außerdem ein wachsartiges Harz gefunden, das in Alkohol unlöslich, in Aether dagegen löslich war. Nach den Zahlen von Stähelin und Hofſtätter hat Heldt die Formel $C^{40}H^{32}O^6$ berechnet [1]).

Auch das Euphorbiumharz, welches in dem Milchſaft von Euphorbia canariensis und E. officinarum enthalten iſt, beſteht aus einem in kaltem Weingeiſt leicht löslichen Alphaharz und aus einem Betaharz, das nur in heißem Weingeiſt reichlich gelöſt wird. Nach H. Roſe's Analyſe entſpricht das Weichharz der Formel $C^{40}H^{33}O^3$, das ſchwerer lösliche Hartharz der Formel $C^{40}H^{31}O^5$.

Copalharz aus Hymenaea- und Trachylobium-Arten, die zur Familie der Caesalpineën gehören, beſteht nach Filhol aus fünf verſchiedenen Arten, für welche Heldt nach Filhol's Analyſen folgende Formeln aufſtellt [2]). Das Alphaharz iſt dem Betaharz iſomer, gleich $C^{40}H^{30}O^5$, das Gammaharz gleich $C^{40}H^{30}O^3$, das Epſilonharz gleich $C^{40}H^{30}O^2$. Das Deltaharz iſt nicht analyſirt.

Von dieſen Harzen ſind das Deltaharz und das Epſilonharz in Alkohol und in Aether gar nicht, die drei übrigen in Alkohol ſchwer, in Aether leichter löslich. Aus der alkoholiſchen Löſung werden das Alphaharz und das Gammaharz durch eſſigſaures Kupferoxyd gefällt,

1) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LI, S. 65 und Bd. LXIII, S. 63.

2) Heldt in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXIII, S. 68.

das Betaharz nicht. Von den Verbindungen des Kupferoxyds mit dem Alphaharz und dem Gammaharz iſt nur die erſtere in Aether löslich. Aus dieſen Eigenſchaften ergiebt ſich die Darſtellung der Copalharze von ſelbſt.

Das Elemiharz von Icica Icicariba enthält ein ſaures Weichharz, für welches Heldt nach Roſe's Zahlen die Formel C^{50} H^{46} O^{6} berechnet. Dem indifferenten, aus kochendem Alkohol in feinen Nadeln kryſtalliſirenden Betaharz, dem ſogenannten Elemin, ertheilt Heldt ebenfalls nach Roſe's Analyſe die Formel C^{50} H^{41} O^{5} (1).

§. 9.

Zur Beurtheilung der Mengenverhältniſſe, in welchen die flüchtigen Oele und die Harze in Pflanzen und deren Erzeugniſſen vorkommen, dienen folgende Zahlen:

	In 100 Theilen.	
Terpenthinöl im Terpenthin von Pinus picea . .	33,50	Caillot.
„ im Terpenthin von Pinus balsamea	18,60	Bonaſtre.
Gewürznelkenöl in den Gewürznelken	18,62	Mittel aus 5 Beſtimmungen, Trommsdorf, Oſtermeier, Halmt, — Funcke, Brandes und Firnhaber — Schmitthals.
Kümmelöl in den Samen von Carum Carvi	0,44	Trommsdorf.
Rautenöl im Kraut von Ruta graveolens	0,25	Mähl.
Salbeiöl im Kraut von Salvia officinalis	0,31	Mittel aus 2 Beſtimmungen, Iliſch, Bartels.
Zimmtöl in der Caſſia-Rinde .	0,80	Bucholz.

1) Heldt, a. a. O. S. 72.

Zimmtöl in der Rinde von Laurus Culilavan	1,10	Schloß.
Stinkſandöl in Stinkſand . .	3,12	Hlaſiwetz.
Kautſchuck im getrockneten Milchſaft des Handels . . .	32,00	Faraday.
„ im getrockneten Milchſaft von Euphorbia . .	4,02	Mittel aus 2 Beſtimmungen, Brandes, Mühlmann.
Pininſäure und Silvinſäure im Terpenthin von Pinus picea	46,39	Caillot.
Kryſtalliſirbares indifferentes Harz in demſelben	10,85	„
In kaltem Waſſer unlösliches Harz in demſelben	6,20	„
Weichharz im Terpenthin von Pinus balsamea . .	40,00	Bonaſtre.
Hartharz im Terpenthin von Pinus balsamea	33,00	„
Harz in dem getrockneten Michſaft von Euphorbia	51,91	Mittel aus 5 Beſtimmungen, Brandes, Braconnot, Pelletier, Laudet, Mühlmann.
Leicht lösliches Copalharz in dem Gummi Anime von Hymenaea Courbaril	54,30	Paoli.
Schwer lösliches Copalharz in demſelben	42,80	Paoli.
In kaltem Alkohol lösliches Harz in dem Elemi von Icica Icicariba	60,00	Bonaſtre.
Elemin in demſelben	24,00	„

§. 10.

Aus der Zuſammenſetzung der flüchtigen Oele ergiebt ſich, daß

dieselben aus den allgemein verbreiteten Bestandtheilen der Pflanzen nur unter Ausscheidung von Sauerstoff hervorgehen können.

Da nun die flüchtigen Fettsäuren selbst bereits auf einer sehr niedrigen Oxydationsstufe stehen und wie wir oben sahen, durch eine bloße Aufnahme von Sauerstoff aus gewissen ätherischen Oelen gebildet werden können, so liegt es nahe, an eine Entwicklung der flüchtigen Oele durch Reduction flüchtiger Fettsäuren zu denken. Das ist die physiologische Bedeutung der Bildung von Caprinsäure aus Rautenöl, von Valerianſäure aus dem flüchtigen Oele des Stinkasands.

Eine ganz besondere Aufmerksamkeit von Seiten des Physiologen verdienen aber die hübschen, sich in neuester Zeit wiederholenden Entdeckungen, daß manche flüchtige Oele mit großer Leichtigkeit in andere übergeführt werden können. Deville hat vor Kurzem gelehrt, daß man Terpenthinöl in Citronenöl verwandeln kann, wenn man das Hydrat des Terpenthinöls mit Salzsäure und nachher die salzsaure Verbindung mit Kalium behandelt [1]). Aus

Terpenthinölhydrat Citronenkampher
$C^{20}\ H^{16} + 6\,HO$ und $2\,HCl$ entstehen $C^{20}\ H^{16} + 2\,HCl$ und $6\,HO$.

Citronenkampher Citronenöl
Und aus $C^{20}\ H^{16} + 2\,HCl$ und $2\,K$ entstehen $C^{20}\ H^{16}$, $2\,KCl$ und $2\,H$.

Noch auffallender wird diese Umsetzung, wenn Oele aus einander hervorgehen, die in der Zusammensetzung bedeutend von einander abweichen. So hat Hlasiwetz, indem er Senföl mit Natronlauge kochte, neben Ameisensäure und Schwefelcyannatrium Salbeiöl erhalten [2]).

Senföl Schwefelcyanallyl
$10\,NC^8\ H^5\ S^2 + 12\,NaO$ oder $10\,(C^6\ H^5 + NC^2\ S^2) + 12\,NaO$

geben nach Hlasiwetz

---

1) Déville in Comptes rendus. XXVIII, p. 324.

2) Hlasiwetz, in Erdmann und Marchand, Journal für praktische Chemie, Bd. LI, S. 373.

Salbeiöl Metacetonsaures Natron Schwefelcyannatrium.
$4\,C^{12}\,H^{10}\,O$, $2\,(NaO + C^6\,H^5\,O^3)$ und $10\,Na\,NC^2\,S^2$.

Die Metacetonsäure selbst wurde zwar unter den Erzeugnissen der Umsetzung nicht gefunden. Hlasiwetz meint aber mit Recht, daß dies nicht gegen seine Auffassung des Vorgangs spreche, weil die Metacetonsäure beim Ueberschuß des Natrons leicht in Ameisensäure übergehen konnte.

Endlich gelang es Hlasiwetz, indem er Stinkasandöl in einer starken Alkohollösung mit Queckſilberchlorid versetzte, Queckſilberverbindungen zu gewinnen, in welchen Allyl, das vorausgesetzte Radikal des Knoblauchöls, vorkam. Das Allyl soll aber mit Schwefelcyan Senföl bilden. Und wirklich erhielt Hlasiwetz Senföl, indem er eine jener Queckſilberverbindungen mit Schwefelcyankalium zusammenrieb [1]). In jenen Verbindungen kam z. B. Chlorallyl vor, und die einfachste Zersetzung kann aus diesem und Schwefelcyankalium Senföl und Chlorkalium erzeugen:

Chlorallyl Schwefelcyankalium Senföl.
$C^6\,H^5\,Cl + KNC^2\,S^2 = NC^6\,H^5\,S^2$ und KCl.

Bedenkt man nun, daß Salbeiöl der Zusammensetzung nach übereinstimmt mit 2 Aeq. Allyl plus 1 Aeq. Sauerstoff,

Salbeiöl Allyl.
$C^{12}\,H^{10}\,O = 2\,C^6\,H^5 + O$,

so sieht man ein, wie leicht die schwefelhaltigen flüchtigen Oele aus schwefelfreien und Schwefelcyanverbindungen erzeugt werden könnten.

Und das ist die glänzendste Belohnung der vielfach so mühsamen Untersuchung der Zersetzungsprodukte, daß sie uns rückwärts den Bildungsvorgängen in der Natur auf die Spur bringt. Nur an der Hand solcher chemischer Forschungen kann der Physiologe hoffen in die Entwicklungsgeschichte der Materie einzudringen. Und deshalb wird

1) Hlasiwetz in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXXI, S. 51—54.

es von Tag zu Tage eine dringendere Pflicht, daß ſich der Phyſiologe angelegentlichſt kümmere um dieſe Studien des Chemikers, die nur dann Unheil ſäen, wenn man durch vorſchnelle Anwendungen das Ziel erjagen will, mit Ueberſpringung des anſtrengenden Wegs, und die nur von demjenigen verſchmäht werden können, der keine Freude hat an der zeugenden Thätigkeit einer werdenden Wiſſenſchaft.

Daß die Harze durch eine Oxydation der flüchtigen Oele geboren werden, iſt eine längſt bekannte Thatſache. Sie wird erwieſen durch das phyſiologiſche Nebeneinander der ätheriſchen Oele und der Harze, durch das Vorkommen dieſer letzteren an Orten, zu denen der Sauerſtoff leichten Zutritt hat, durch die häufige Uebereinſtimmung im Kohlenſtoffgehalt zwiſchen den flüchtigen Oelen und den entſprechenden Harzen, und endlich eben durch den Sauerſtoffgehalt, der die Harze auszeichnet.

Allein man würde ſehr irren, wenn man die Harzbildung in allen Fällen für eine einfache Oxydation nehmen wollte. Heldt hat ſich das Verdienſt erworben, durch eine ſinnige und fleißig ausgeführte Zuſammenſtellung der Thatſachen, über welche die Wiſſenſchaft verfügen kann, zu zeigen, daß die Vorgänge bei der Entwicklung der Harze mannigfaltiger ſind, als man gewöhnlich annahm. Heldt hat in folgender Weiſe fünf Hauptformen der Harzbildung unterſchieden [1]).

1) Das flüchtige Oel verharzt ſich unter Aufnahme von Sauerſtoff, allein für je Ein Aequivalent des aufgenommenen Sauerſtoffs wird ein Aequivalent Waſſerſtoff ausgeſchieden. So entſteht das Epſilon-Copalharz aus dem entſprechenden flüchtigen Oele $C^{10} H^8$.

Flüchtiges Oel — Epſilon-Copalharz.

$$4\,(C^{10} H^8) - 2H + 2O = C^{40} H^{30} O^2.$$

2) Das flüchtige Oel verliert bei der durch Oxydation bedingten Harzbildung ſo viel Waſſerſtoff wie es Sauerſtoff aufnimmt, allein außerdem verbindet es ſich mit Waſſer. So wenn Euphorbiumöl in das Euphorbium-Weichharz übergeht.

Euphorbiumöl — Alpha-Euphorbiumharz.

$$C^{40} H^{32} - H + O + 2HO = C^{40} H^{33} O^3.$$

1) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXIII, S. 79—81.

3) Das flüchtige Oel nimmt bei der Verharzung mehr Sauerstoff auf, als es Wasserstoff ausscheidet. In dieser Weise wird Terpenthinöl in Sylvinsäure verwandelt.

Terpenthinöl Sylvinsäure.
$2\,C^{20}\,H^{16} - 2\,H + 4O = C^{40}\,H^{30}\,O^{4}$.

4) Es wird bei der Verharzung nicht nur mehr Sauerstoff mit dem flüchtigen Oel verbunden, als Wasserstoff verloren geht, sondern außerdem noch Wasser. So wird das in Alkohol unlösliche, in Aether lösliche Fichtenharz von Stähelin und Hofstätter aus dem Terpenthinöl erzeugt.

Terpenthinöl. Fichtenharz von St. und H.
$2\,C^{20}\,H^{16} - 2\,H + 4O + 2HO = C^{40}\,H^{32}\,O^{6}$.

5) Endlich kann die Harzbildung in einer bloßen Aufnahme von Wasser bestehen. 5 Aeq. Elemiöl plus 6 Aeq. Wasser gleich Elemi-Weichharz.

Elemiöl Elemiweichharz.
$5\,(C^{10}\,H^{8}) + 6HO = C^{50}\,H^{46}\,O^{6}$.

Zwischen den flüchtigen Oelen und den Harzen sind Uebergänge bekannt, die auf eine allmälige Aufnahme von Sauerstoff hinweisen. Schon der Theil der flüchtigen Oele, der auf den Geruchssinn wirkt, scheint immer etwas Sauerstoff aufgenommen zu haben. Es lassen sich nämlich mehre sauerstofffreie Oele über gebranntem Kalk in Gefäßen, die luftleer oder mit Kohlensäure gefüllt sind, destilliren, so daß die übergegangenen Flüssigkeiten ganz geruchlos sind. Und man weiß, daß alle flüchtige Oele sich an der Luft mit Sauerstoff verbinden; die geruchlos dargestellten entwickeln an der Luft in kurzer Zeit ihren eigenthümlichen Geruch[1]). Auch diese Wirkung des Sauerstoffs wird nach Schönbein mächtig gesteigert, wenn jenes Gas der Luft durch Licht erregt ist. Und man wird gewiß dem denkenden Baseler Chemiker gerne beistimmen, wenn er meint, daß hiermit manche Gerüche

1) Vgl. Delffs, a. a. O. S. 57.

zuſammenhängen dürften, die wir je nach dem Grade der Beleuchtung der Atmoſphäre bald ſchwächer, bald ſtärker in der Pflanzenwelt wahrnehmen[1]). In dieſem Sinne könnte man den ätheriſchen Oelen als Riechſtoffen ihre Riechſtoffbildner zuſchreiben, in demſelben Sinne, in welchem manche Farbſtoffe ſauerſtoffärmere Farbſtoffbildner haben.

Durch Analyſe kennt man ferner manche in der Kälte feſt gewordene Erzeugniſſe der flüchtigen Oele, ſogenannte Stearoptene, die ſich von dem entſprechenden Oel durch den größeren Sauerſtoffgehalt unterſcheiden. Die Stearoptene ſtehen in der Mitte zwiſchen den flüchtigen Oelen und den Harzen.

---

1) Vgl. Schönbein's Bemerkungen und Betrachtungen in Erdmann, Journal, Bd. LII, S. 188—190, und oben S. 337.

Rückblick auf die besonderen Pflanzenbestandtheile.

Wenn man sich die Eigenschaften vergegenwärtigt, welche die besonderen Pflanzenbestandtheile von den allgemein verbreiteten unterscheiden, so ist es zunächst klar, daß wir es in diesem Buche gerade mit denjenigen Körpern zu thun hatten, durch welche die Pflanzen vorzugsweise auf die Sinne wirken. Farbe, Geruch und Geschmack verdanken sie vor Allem ihren Farbstoffen, ihren flüchtigen Oelen, ihren Säuren und Basen.

Eine zweite sehr wesentliche Eigenthümlichkeit, welche man für die besonderen Pflanzenbestandtheile in Anspruch nehmen muß, liegt in dem scharf ausgeprägten chemischen Charakter, in der runden Constitution, wenn ich so sagen darf, welche diese Körper entweder von vorne herein auszeichnet, wie die Säuren und Basen, oder denselben mit großer Leichtigkeit unter Aufnahme von Sauerstoff zu Theil wird. Farbstoff oder Farbstoffbildner, flüchtige Oele oxydiren sich leicht und nehmen mehr oder weniger entschieden die Eigenschaften von Säuren an. Jener chemischen Bestimmtheit entspricht die Krystallisationsfähigkeit, welche so viele der hierher gehörigen Körper auszeichnet.

Für das Leben der Pflanzen, für das Wachsthum und die Verrichtungen der Gewebe sind die besonderen Pflanzenbestandtheile nicht unentbehrlich. Sie sind nicht die Bedingung, sondern in der Mehrzahl der Fälle nur die unumgänglich nothwendige Folge des Lebens. Daher können diese Stoffe zum Theil je nach den äußeren Verhältnissen ganz fehlen, oder doch in überaus wechselnder Menge in der Pflanze vorhanden sein. So fehlt das Coniin in dem Schierling der asiatischen Steppen, das Solanin in den Kartoffeln unserer Aecker. Chinin und Cinchonin können durch Kalk, Mekonsäure ($C^7 HO^6 + HO$) durch Schwefelsäure vertreten werden.

Dazu kommt nun, daß die hierher gehörigen Verbindungen bald in Milchsaftgefäßen oder in eigenen Höhlen, bald in Zellen, die keine andere Stoffe und deshalb auch kaum einen Stoffwechsel besitzen, oder wie bei **Rhus** in besonderen wandungslosen Gängen auftreten.

Endlich haben wir gesehen, daß wenigstens eine sehr bedeutende Anzahl dieser Körper durch eine Aufnahme von Sauerstoff aus den allgemein verbreiteten Pflanzenbestandtheilen hervorgehen.

Von dieſen Thatſachen erläutert die eine die andere. Und aus ihrer vereinten Betrachtung wird es offenbar, daß wir es in den beſonderen Pflanzenbeſtandtheilen mit Ausſcheidungsſtoffen zu thun haben, mit Ausſcheidungsſtoffen, die in der Pflanze verbleiben, für jede Pflanzenart, je nach der Richtung ihres Stoffwechſels verſchieden ſind, und darum einen ſehr großen Antheil haben an der unendlichen Mannigfaltigkeit, die in der Pflanzenwelt unſre Sinne ergötzt.

Die Verſchiedenheit der in der Pflanze verbleibenden Ausſcheidungsſtoffe wirkt auf die in dem Pflanzenleibe vor ſich gehenden Umſetzungen zurück. Trotzdem ſind die beſonderen Pflanzenbeſtandtheile nicht die Urſache, ſie ſind nur das deutlichſte Merkmal der Eigenthümlichkeit der Arten.

Gegen das Thierleben iſt die Thätigkeit der Pflanze durch dieſes Zurückbleiben der Ausſcheidungsſtoffe innerhalb der Gewebe in ſehr weſentlicher Weiſe unterſchieden.

Fehlt deshalb der Pflanze jegliche Ausſcheidung im ſtrengeren Sinne des Worts?

Aeltere Verſuche, welche eine Ausſcheidung verbrauchter Stoffe durch die Wurzel lehren ſollten, haben ſich zum Theil als ungenau, zum Theil geradezu als irrig erwieſen. Eine unvollkommene Kenntniß der Endosmoſe glaubte ſpäter, daß die Aufnahme von Flüſſigkeiten durch die Wurzelmembran eine Ausſcheidung als Exosmoſe erfordere. Ich habe oben dargethan, daß eine ſolche Wechſelwirkung nicht nothwendig iſt, und die Verdunſtung, die unabläſſig von den Blättern vor ſich geht, kann jedenfalls eine reichliche Menge von Löſungen in die Wurzel einpumpen, ohne daß ein Strom von der Wurzel nach außen ſtattfindet. (Vgl. oben S. 48).

Trotzdem hat es die größte Wahrſcheinlichkeit für ſich, daß wenigſtens in vielen Fällen von der Wurzel, wie von anderen Theilen, Stoffe ausgeſchieden werden. Becquerel hat die Ausſcheidung einer freien Säure durch Wurzeln, Knollen, Zwiebeln, Knoſpen und Blätter beobachtet. Ebenſo wird bei **Calla aethiopica, Arum Colocasia** und namentlich bei **Caladium destillatorium** aus den Blattſpitzen eine reichliche Menge von Waſſer ausgeleert, welches, wenn gleich in ſehr geringer Menge, organiſche Stoffe gelöſt enthält. In ähnlicher Weiſe hat Trinchinetti bei ſehr vielen Pflanzen während der Nacht und des Morgens eine Ausſcheidung von Waſſer in tropfbar flüſſiger

Form beobachtet[1]). Die Blätter des Eiskrauts, **Mesembryanthemum crystallinum**, sondern nach Völcker eine Flüssigkeit aus, welche Eiweiß, Kleesäure, Kochsalz, Kali, Bittererde und Schwefelsäure enthält[2]).

Allein, obschon solche Wahrnehmungen die Möglichkeit und die Wirklichkeit von Ausscheidungen durch die Pflanzen erweisen, so ist doch die Menge der im ausgesonderten Wasser gelösten Stoffe in allen Fällen so äußerst gering, daß man der Ansicht, als wenn die verbrauchten Gewebebestandtheile von der Pflanze in ähnlicher Weise wie beim Thier ausgeleert würden, durchaus nicht Raum geben kann. Die Zersetzungsprodukte, welche die Pflanze selbst aus ihren allgemein verbreiteten Bestandtheilen bereitet, bleiben größtentheils in ihrem Leibe zurück.

Ich sage größtentheils, weil die flüchtigen Oele und ebenso der Theil flüchtiger Säuren und Basen, der nicht chemisch gebunden ist, in kleiner Menge von der Oberfläche der Pflanze entweicht, weil nach Draper's Beobachtung von den Pflanzen etwas Stickstoff ausgeschieden wird[3]), und weil alle nicht grüne Theile der Pflanze Sauerstoff aufnehmen und Kohlensäure aushauchen. Diese Kohlensäure ist ganz oder theilweise nur das Endziel der Oxydationsvorgänge, welche auch im Pflanzenleben die Rückbildung bedingen. Es ist aber das Vorrecht der Pflanzen, daß ihnen dieses Zersetzungsprodukt, die elementarste Säure, in welche die organische Materie zerfällt, rückwärts als Nahrungsstoff dient.

Es herrscht überhaupt bei der Pflanze ein viel weniger feindlicher Gegensatz zwischen den Bestandtheilen der Gewebe und den Erzeugnissen des Verfalls, zwischen Leben und Verwesung als beim Thiere. Lange trägt der Baum innerhalb der herbstlichen Blätter die schwarzbraune Ulminsäure oder andere Humusstoffe mit sich, bevor das fallende Laub seine Bestandtheile der Muttererde zur vollständigen Verwesung und zugleich zur neuen Nahrung der Wurzeln überantwortet.

---

1) Vgl. Mohl, die vegetabilische Zelle, in R. Wagner's Handwörterbuch, 1850. S. 255, 256.

2) Aug. Völcker, in dem Journal von Erdmann und Marchand, Bd. L, S. 243.

3) Vgl. oben S. 62.

Fünftes Buch.

Geſchichte der allgemein verbreiteten Beſtandtheile der Thiere innerhalb des Thierleibes.

Fünftes Buch.

Geſchichte der allgemein verbreiteten Beſtandtheile der Thiere innerhalb des Thierleibes.

Kap. I.

Die Gewebe.

§. 1.

Wenn es wahr iſt, daß ein Theil des Bluts durch die Wand der Haargefäße hindurchſchwitzt und jenſeits dieſer Wand zum Mutterſaft der feſten Formbeſtandtheile des Thierkörpers wird, ſo drängt ſich ſogleich die Frage auf, welche Stoffe des Bluts wirklich durchſchwitzen und in welchem Verhältniß ihre Menge zu der urſprünglichen Blutmiſchung ſteht.

Ein weſentlicher Unterſchied ergiebt ſich gegen die Zuſammenſetzung des Bluts ſogleich darin, daß die Poren der Haargefäßwände keine Blutkörperchen durchlaſſen. Alſo können überhaupt nur die gelöſten Beſtandtheile des Bluts die Grundlage der Gewebe bilden bei allen den Thieren, die, wie die Wirbelthiere und die Ringelwürmer, ein geſchloſſenes Gefäßſyſtem beſitzen. Bei denjenigen Mollusken und Arthropoden, deren Blut zum Theil in freien Bahnen, in ſogenannten lacunairen Strömungen den Körper durchkreiſt, könnten freilich

die Blutzellen sich unmittelbar an der Erzeugung der Gewebe betheiligen.

Der Untersuchung des Saftes, der bei den Wirbelthieren die Blutbahn verläßt und die Mutterflüssigkeit darstellt für Kerne, Zellen und Fasern, steht sogleich die Schwierigkeit entgegen, daß man jenen ausgeschwitzten Theil des Bluts beinahe nirgends so von den Bestandtheilen der Gewebe trennen kann, daß man sicher wäre, der Stoff der Analyse gehöre bloß dem ausgeschwitzten Nahrungssaft an. Nahrungssaft nennt man diese Flüssigkeit, weil man den Vorgang, welcher die Gewebebildung zur Folge hat, im engeren Sinn als Ernährung bezeichnet.

Wegen der Schwierigkeit, den Gegenstand der Untersuchung unmittelbar aus den Geweben zu erhalten, bleibt uns kein anderer Ausweg übrig, als die Flüssigkeiten zu betrachten, welche sich in den serösen Höhlen des Körpers ansammeln. Ich rechne also hierher die Flüssigkeit, die sich in den Lungenfellsäcken, in der Bauchhöhle und in den Gelenkhöhlen ansammelt, den Inhalt der Hirnhöhlen, die wässerige Augenflüssigkeit, das Fruchtwasser, kurz diejenigen Säfte, welche Lehmann kürzlich unter dem Namen Transsudate, Durchschwitzungen, vereinigt hat [1]).

Allein abgesehen davon, daß auch über diese Durchschwitzungen zwar einige gute, jedoch nicht eben zahlreiche Untersuchungen vorliegen, können uns die Flüssigkeiten, die sich an der Oberfläche seröser Häute ansammeln, deshalb nur ein mangelhaftes Bild geben von dem Nahrungssaft der festen Werkzeuge, weil ihnen der Faserstoff fehlt.

Sonst finden sich allerdings die wesentlichsten Stoffe der Blutflüssigkeit in den Durchschwitzungen wieder, sie enthalten Eiweiß und Fette, Chloralkalimetalle und Salze. So hat Frerichs in der Gelenkflüssigkeit eines neugeborenen Kalbes Eiweiß, Fett, Kochsalz, basisch phosphorsaures und schwefelsaures Alkali, kohlensauren Kalk und phosphorsaure Erden nachgewiesen [2]). Scherer beobachtete im Fruchtwasser Eiweiß, Salze mit alkalischer Basis und phosphorsauren Kalk [3]).

---

1) Lehmann, phys. Chemie, zweite Auflage, Bd. II, S. 306 u. folg.

2) Frerichs, Art. Synovia, in Rud. Wagner's Handwörterbuch, S. 467.

3) Scherer in der Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie von v. Siebold und Kölliker, Bd. I, S. 92.

Ein sehr wichtiges Ergebniß ist nach diesen Forschungen gesichert, wenn man diejenigen Analysen zu Grunde legt, die eine möglichst unveränderte Durchschwitzung betreffen. Hierzu empfiehlt sich vor allen Dingen die sehr hübsche Untersuchung, welche Frerichs für die Gelenkflüssigkeit geliefert hat. Es ergiebt sich nämlich aus den von diesem Forscher gefundenen Zahlen der Satz, den ich an einem anderen Orte aus allgemeinen Betrachtungen entwickelt habe, daß nämlich im gesunden Zustande mehr Wasser als Eiweiß, mehr Eiweiß als Salze, mehr Salze als Fett durch die Haargefäße hindurchgehen [1]). Das heißt aber, die wesentlichen Bestandtheile des Bluts treten im Großen und Ganzen in ähnlichen Mengenverhältnissen durch die Haargefäßwand in die Gewebe, in welchen sie im Blut vorhanden sind. Oder: wir dürfen die Summe der Gewebebestandtheile wirklich auf das Blut zurückführen. Das Blut ist der kürzeste, summarische Ausdruck für die Mischung des gesunden Körpers. Als Bestätigung dieses Gedankens sind die von Frerichs erhaltenen Zahlen so wichtig, daß ich dieselben hier unten mittheile:

In 1000 Theilen.	Synovia eines neugeborenen Kalbes.	Synovia eines im Stall gemästeten Ochsen.	Synovia eines Ochsen, der den ganzen Sommer auf der Weide war.
Wasser	965,68	969,90	948,54
Eiweiß (nebst Extractivstoff)	19,90	15,76	35,12
Salze	10,60	11,32	9,98
Fett	0,56	0,62	0,76
(Schleimstoff und Epithelium)	3,26	2,40	5,60

Die Menge der ausschwitzenden Salze ist auffallend groß und freilich größer als sie sonst gewöhnlich gefunden wurde. In der Regel enthalten nämlich die Durchschwitzungen etwas weniger Salze als die entsprechende Blutflüssigkeit [2]), während die von Frerichs angestellten Analysen für die Synovia das Gegentheil lehren.

---

1) Vgl. meine Physiologie der Nahrungsmittel, S. 168—171.

2) Vgl. Lehmann, a. a. O. II, S. 319.

Aus allen Zahlen folgt aber, daß die Austrittsgeschwindigkeit der Salze eine größere ist als die des Eiweißes und namentlich als die des Fetts. Nur ist die Ungleichheit in der Schnelligkeit des Durchschwitzens nicht so groß, daß dadurch das Wechselverhältniß zwischen der Zusammensetzung des Bluts und der Mischung des Nahrungssafts in jener Allgemeinheit, in der ich es oben angab, eine wesentliche Veränderung erlitte.

Natürlich ist auch hier das endosmotische Aequivalent der einzelnen Blutbestandtheile der mächtigste Einfluß, der die Ausschwitzung regelt. Wie aber die Endosmose überhaupt sich bedeutend verändert je nach dem Druck, der auf die trennende Membran einwirkt, so ist, nächst dem endosmotischen Aequivalent der Blutstoffe im Verhältniß zur Haargefäßwand, die Spannung, unter welcher die Flüssigkeiten diesseits und jenseits der trennenden Haut verkehren, eine Hauptbedingung, welche Verschiedenheiten in der Schnelligkeit der Durchschwitzung veranlaßt.

Die Breite, in welcher das endosmotische Aequivalent einwirkt, ist in der geistvollsten Weise von C. Schmidt zur Sprache gebracht, der für das Eiweiß je nach den einzelnen Gruppen der Haargefäße eine sehr verschiedene Austrittsgeschwindigkeit beobachtete. So sollen nach Schmidt die Durchschwitzungen des Lungenfells, des Bauchfells, der Hirnhäute und des Unterhautzellgewebes, in der hier aufgestellten Reihenfolge immer ärmer an Eiweiß werden [1]). Es ist vor der Hand nur zu bedauern, daß viele der hierher gehörigen Zahlen von Schmidt an den Flüssigkeiten kranker Körper gefunden wurden.

Weil nun das endosmotische Aequivalent, wie oben ausführlich erörtert wurde, zugleich von der Dichtigkeit der Säfte und von dem Druck, unter welchem sich dieselben bewegen, abhängig ist, so versteht es sich von selbst, daß die von Schmidt zuerst bezeichnete Gesetzmäßigkeit in dem Verhalten der Haargefäßgruppen nur so lang beständig bleibt, als der Einfluß der Dichtigkeit und des Drucks nicht größer wird als die Verschiedenheit der Wandungen der Haargefäße.

---

1) C. Schmidt, Charakteristik der epidemischen Cholera, Leipzig und Mitau 1850, S. 145.

Ob es wirklich eine Veränderung der Wand der Haargefäße bekundet, wenn das Fruchtwasser in den früheren Monaten der Schwangerschaft mehr Eiweiß und mehr feste Bestandtheile enthält, als in den späteren (Vogt, Scherer), ob also dieser Unterschied der ursprünglichen Durchschwitzung zugeschrieben werden muß, oder aber der Schnelligkeit, in welcher die gelösten Stoffe anderweitig aufgenommen werden, das scheint mir eine Frage, die billiger Weise noch offen bleiben muß. Das endliche Schicksal des Fruchtwassers ist nicht bekannt, und es ist mindestens möglich, daß die Zusammensetzung der Flüssigkeit sich erst nach der Durchschwitzung bedeutend verändert. Deshalb wurden bei den obigen allgemeinen Folgerungen die an und für sich so werthvollen Zahlen von Vogt und Scherer für das Fruchtwasser nicht berücksichtigt.

Außer neutralen und verseiften Fetten kommen nach Lehmann auch in den Durchschwitzungen gesunder Körper Cholesterin und Serolin vor. Das Auftreten von Cholesterin ist namentlich bekannt für die Flüssigkeit, welche den Adergeflechten der Hirnhöhlen ihren Ursprung verdankt [1]).

Es hat sich wiederum aus höchst willkommenen Untersuchungen Schmidt's ergeben [2]), daß die einzelnen Salze in den durchgeschwitzten Flüssigkeiten in denselben Mengenverhältnissen auftreten, wie in dem Blutwasser. Die Durchschwitzung der Adergeflechte der Hirnhöhlen macht jedoch insofern eine Ausnahme, als sie mehr Kali-Verbindungen und phosphorsaure Salze führt, ganz so wie der Inhalt der Blutkörperchen. Auch die Cerebrospinalflüssigkeit zeichnet sich vor den übrigen Durchschwitzungen aus durch Reichthum an Phosphorsäure und durch eine verhältmäßige Armuth an Chlor.

Allein weil eine solche Verschiedenheit in dem Austritt der einzelnen Salze und der Chlorverbindungen bei den Durchschwitzungen zu den Ausnahmen gehört, gerade deshalb bietet uns die Untersuchung jener Flüssigkeiten vorläufig nur einen dürftigen Ersatz für die Kenntniß des Nahrungssaftes, der die Gewebe tränkt. Denn daß die einzelnen Gewebe auch auf die Salze eine verschiedene und regelmäßige

1) Vgl. Lehmann II. S. 314, 315.

2) C. Schmidt, a. a. O.

Anziehungskraft ausüben, das ist eine der wichtigsten unter den Thatsachen, welchen wir im Folgenden begegnen werden.

Da es nun bei dem jetzigen Besitzthum der Wissenschaft unmöglich ist, die Erzeugung der einzelnen Gewebe unmittelbar an den Nahrungssaft anzuknüpfen, so bleibt uns keine andere Aufgabe, als die Entwicklungsgeschichte der Bestandtheile des Bluts durch die Gewebe zu schildern, indem wir wie früher bei wiederholter Gelegenheit den Eiweißstoffen, den Fetten, den Fettbildnern und den Mineralbestandtheilen folgen.

Die eiweißartigen Stoffe als Gewebebildner.

§. 2.

In fast allen Werkzeugen des thierischen Körpers ist der Nahrungssaft mit Eiweiß geschwängert. Und es richtet sich deshalb der Eiweißgehalt der einzelnen Theile hauptsächlich nach der Menge des Nahrungssafts, die sie enthalten. Da jedoch die einzelnen Durchschwitzungen, wie oben angeführt wurde, auch je nach den Haargefäßgruppen das Eiweiß in sehr verschiedenen Verhältnissen führen, so läßt sich trotzdem der Reichthum an Eiweiß nicht einfach nach dem Feuchtigkeitsgrade der Werkzeuge bemessen. In den trockensten Theilen des Körpers, in Zähnen, Knochen, Knorpeln wurde freilich bisher kein Eiweiß nachgewiesen. Dagegen ist der Glaskörper des Auges trotz seinem Reichthum an Wasser arm an Eiweiß. Sehr viel Eiweiß besitzen die größeren Drüsen, die Thymus, die Leber, die Nieren.

Für alle diese Fälle läßt sich jedoch schwer entscheiden, wie viel von der vorhandenen Eiweißmenge dem Blut, wie viel dem ausgeschwitzten Nahrungssafte, wie viel selbst im löslichen Zustande vielleicht den Formbestandtheilen der Gewebe angehört. Um so charakteristischer ist das Vorkommen des Eiweißes in Hirn und Nerven. Nach Mulder ist nämlich das Eiweiß des Gehirns im geronnenen Zustande vorhanden; es ist nicht löslich in Wasser und läßt sich durch Essigsäure verflüssigen [1]). Dieses Eiweiß findet sich nun auch in den

1) Vgl. meine Uebersetzung von Mulder's physiologischer Chemie, S. 648.

Nerven und zwar nach den vortrefflichen Untersuchungen von Donders und Mulder sowohl in dem sogenannten Achsencylinder, wie in dem übrigen Inhalt der Nervenröhren, welcher den Achsencylinder scheidenartig umgiebt. Nach Vauquelin enthalten die Nerven verhältnißmäßig mehr Eiweiß als Hirn und Rückenmark. Daß das Hirn bei Greisen fester ist als bei Jünglingen (Dénis), mag zum Theil von einer festeren Gerinnungsform des Eiweißes herrühren; zum Theil wird es jedenfalls durch den geringeren Wassergehalt des Hirns alter Leute erklärt. Nach H. Nasse ist das Gehirn der Frösche durch Reichthum an Eiweiß und Salzen ausgezeichnet [1]).

Während der Schwefelgehalt im Eiweiß der Fischmuskeln mit dem des Bluteiweißes übereinstimmt, berichten von Baumhauer und Weidenbusch übereinstimmend, daß jenes keinen Phosphor enthält [2]).

Für eine Vergleichung des Muskelfaserstoffs mit dem Faserstoff des Bluts, für welche Körper man so lange einen sehr zweifelhaften Grad von Uebereinstimmung anzunehmen genöthigt war, hat endlich eine Arbeit Liebig's die ersten erwünschten Anhaltspunkte gegeben. Man muß jetzt vom Faserstoff behaupten, daß er nicht ganz unverändert die Blutbahn verläßt. Konnte man dies früher schon wahrscheinlich machen, weil doch der Faserstoff in ungelöster Form Antheil nimmt an der Bildung der Muskelfasern, so hat die Unterscheidung nunmehr ihren bestimmten Ausdruck darin gefunden, daß der Faserstoff des Bluts in Salzsäure bloß aufquillt, während der Faserstoff der Muskeln in derselben Säure zu einer durch Fetttheile schwach getrübten Flüssigkeit gelöst wird. Wenn man diese Lösung mit Alkalien sättigt, dann gerinnt dieselbe zu einem gallertartigen Brei, der sich wieder löst in einem Ueberschuß des Alkalis oder in Kalkwasser. Das Kalkwasser, welches den Niederschlag aufgenommen hat, gerinnt beim Erhitzen wie eine verdünnte Eiweißlösung. In der alkalischen Lösung jenes Niederschlags bewirken Kochsalz und Mittelsalze ein Gerinnsel, das auf den Zusatz von vielem Wasser wieder verschwindet.

---

1) H. Nasse, Art. thierische Wärme in R. Wagner's Handwörterbuch, S. 104.

2) Weidenbusch in Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXI, S. 373.

Einem ſolchen Unterſchied der Eigenſchaften entſpricht auch ein Unterſchied in der Zuſammenſetzung. Liebig fand in dem Faſerſtoff des Bluts mehr Stickſtoff, wogegen ſich der Muskelfaſerſtoff durch einen beſtändigen Eiſengehalt auszeichnet [1]). Nach einer Angabe, die ſich bei Mulder [2]) findet, wurde in dem Muskelfleiſch einer Kuh kein freier Phosphor gefunden.

Die Primitivfaſern der Muskeln beſtehen jedoch nicht bloß aus dieſer Abart des Faſerſtoffs; das haben Donders und Mulder überzeugend gelehrt, und ich komme gleich darauf zurück. Liebig's Unterſuchung beſtätigt dieſe Thatſache; während ſich nämlich die Fleiſchfaſer des Huhns und des Ochſen beinahe ganz in Salzſäure löſte, ließ die vom Hammelfleiſch ſchon mehr, und die des Kalbfleiſches ſogar weit über die Hälfte ungelöſt. Dieſer Rückſtand war elaſtiſch, aber immer weicher als Faſerſtoff des Bluts, der in ſchwach ſaurem Waſſer aufgequollen war.

In den Muskelfaſern der Schlagadern hat Max. Sigm. Schultze [3]) einen eiweißartigen Körper gefunden, der ſich weder in kaltem, noch in heißem Waſſer löſte. Da dieſer Stoff beim längeren Sieden mit Waſſer einen löslichen Körper bildet, der anfangs mit Eſſigſäure einen Niederſchlag giebt, welcher auf reichlicheren Zuſatz der Säure wieder verſchwindet [4]), ſo darf es nicht für unwahrſcheinlich gelten, daß jene Muskelfaſern urſprünglich aus Faſerſtoff beſtanden, welchen das längere Kochen mit Waſſer zum Theil in Mulder's höhere Oxydationsſtufe der Eiweißkörperr verwandelte (vgl. oben S. 242). Demnach dürften die organiſchen Muskelfaſern zum Theil aus Faſerſtoff oder doch aus einem ſehr ähnlichen Körper beſtehen. Entſchieden iſt hierüber leider nichts.

Während vom Käſeſtoff noch vor Kurzem behauptet werden mußte, daß er als ſolcher nicht in den Geweben auftritt, verdanken wir jetzt einer Unterſuchung Schultze's die ſehr willkommene That-

---

1) Liebig in ſeinen Annalen, Bd. LXXIII, S. 125—128.

2) Mulder, a. a. O. S. 623.

3) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXXI, S. 290.

4) Mulder en Wenckebach, Natuur- en Scheikundig Archief, 1836, p. 355.

ſache, daß er einen weſentlichen Beſtandtheil der ſogenannten mittleren Schlagaderhaut (der Ringsfaſerhaut ſammt Längsfaſerhaut von Donders und Mulder) ausmacht. Ich ſchließe dies nicht aus dem Verhalten des waſſerhellen Auszugs der mittleren Haut zur Eſſigſäure, welches ebenſo gut auf Natronalbuminat ſich beziehen könnte, ſondern daraus, daß die Löſung durch Kälberlab gerann und andererſeits Milchzucker in Gährung verſetzte [1]). Schultze fand den Käſeſtoff beim Menſchen und bei Ochſen in der mittleren Haut verſchiedener Schlagadern. Die mittlere Haut der Aorta, welche verhältnißmäßig weniger Muskelfaſern beſitzt, enthielt auch viel weniger Käſeſtoff als die Schenkelſchlagader und die Kopfſchlagader. Wir haben alſo hier das lehrreiche Beiſpiel eines Körpers, der im löslichen Zuſtande weſentlich Theil nimmt an der Conſtitution eines feſten Formbeſtandtheils. — Nichtsdeſtoweniger wurde von Schultze auch in den Wandungen der Adern, die keine Muskelfaſern enthalten, eine reichliche Menge Käſeſtoff beobachtet, und zwar beim Menſchen, beim Schaaf und beim Kalbe. — Außerdem iſt der Käſeſtoff in dem Zellgewebe und dem Nackenbande vertreten, jedoch in viel geringerer Menge als in den Gefäßwandungen.

Das Globulin des Bluts findet ſich unverändert in der Kryſtallinſe des Auges wieder, weshalb es auch Kryſtallin heißt. Dieſes Kryſtallin enthält, wie die übrigen Eiweißkörper im Blut, eine reichliche Menge phosphorſauren Kalks. Es wurde oben bemerkt, daß ſich das Globulin aus dem Blut wegen des hartnäckig anhängenden Hämatins nicht rein darſtellen läßt. Aus Kryſtallinſen wird es gewonnen, indem man dieſelben mit Waſſer auszieht, dieſe Löſung mit Eſſigſäure ſättigt und kocht. Dann gerinnt das Globulin, welches nur noch mit Alkohol und Aether gewaſchen wird.

Auch die beiden Oxydationsſtufen der Eiweißkörper ſcheinen das Blut unverändert zu verlaſſen. So liefert die Haut des Fötus nach Güterbock keinen Leim, ſondern Pyin, einen Körper der nach Mulder ganz übereinſtimmt mit dem ſogenannten Proteintritoxyd [2]).

---

1) Vgl. Schultze a. a. O. S. 277 u. folg.

2) Mulder, phyſ. Chemie, S. 567. In meiner Ueberſetzung iſt ſtatt Bioxyd Tritoxyd zu leſen.

Die Primitivfasern der gestreiften Muskelbündel bestehen nach Donders und Mulder aus zwei verschiedenen Stoffen, von welchen der eine in Kali und in Essigsäure leichter gelöst wird als der andere. Der schwerer lösliche Stoff zeigt sich nach Behandlung mit Essigsäure in der Gestalt von dickeren Kügelchen, welche durch schmälere kurze Streifchen perlschnurförmig mit einander verbunden sind. Es ist ein Irrthum, wenn Henle [1]) diese Gliederung und die Zusammensetzung der Primitivfasern aus zwei verschiedenen Stoffen für einen „optischen Betrug" hält. Ich habe mit Baumhauer — nicht mit Mulder, wie Henle in Folge eines Versehens berichtet — jene Angaben von Donders und Mulder an den Muskeln des Flußbarsches aufs Schärfte bestätigt gefunden [2]). Mulder hält den einen jener beiden Stoffe für eine Abart des Faserstoffs, den anderen für die niedere Oxydationsstufe der eiweißartigen Verbindungen, weil beide jene Körper, wenn sie in Essigsäure gelöst und mit kohlensaurem Ammoniak behandelt werden, einen Niederschlag erzeugen, welche Eigenschaft den Primitivfasern der Muskeln auch zukommt. Ob aber die breiteren Kügelchen oder die schmäleren Streifchen das Oxyd bilden, läßt Mulder unentschieden [3]). C. Schmidt hat für die Zusammensetzung der Muskelfasern der Insekten die Formel $NC^6H^6O^3$ aufgestellt, die, mit 5 multiplicirt, Mulder's älterer Formel für Proteintritoxyd ($N^5C^{40}H^{30}O^{15}$) gleich kommt. Diese Angabe verdient um so eher Beachtung, weil die Primitivbündel der Insektenmuskeln nicht von Bindegewebe umgeben sind.

Ein gleichmäßiger Bau unterscheidet nach Donders und Mulder die glatten Muskelfasern von den Primitivfasern gestreifter Bündel. Eine einzige Beobachtung deutete darauf hin, daß auch in der organischen Muskelfaser mehr als Ein Stoff verborgen sein mag. Die Ringfasern aus der Kopfschlagader einer Kuh erschienen nach siebenstündiger Einwirkung einer starken Kalilauge als durchsichtige,

---

1) Canstatt und Eisenmann, Jahresbericht für 1846, Erlangen 1847, Bd. I, S. 70.

2) Mulder, Scheikundige onderzoekingen, Deel IV. p. 299—301.

3) Vgl. Mulder's Physiolog. Chemie, S. 612—615 und 623.

blasse, mit unebenen Rändern versehene Fäden, denen feine Körnchen eingestreut waren [1]).

Mulder ist sehr geneigt seinem Proteinprotoxyd in der Bildung der Formbestandtheile des Thierkörpers eine ähnliche Bedeutung beizulegen wie dem Zellstoff für die Pflanzen. Den jugendlichen Zellenwänden der Thiere fehlen nach Mulder die Merkmale der Eiweißstoffe niemals, und wie im Eidotter jene Oxydationsstufe des Eiweißes den Mutterkörper der Zellen darstelle, so verhalte sich dieselbe im Thierleib überhaupt. Der Wand der Haargefäße wird von Mulder Proteinprotoxyd als Hauptbestandtheil zugeschrieben. Leider läßt sich für alle diese Angaben zwar ein hoher Grad von Wahrscheinlichkeit, jedoch, wie Mulder selbst hervorzuheben nicht unterläßt, keine Sicherheit in Anspruch nehmen.

So viel läßt sich indeß als allgemeines Ergebniß der Forschungen über die Eiweißkörper der Gewebe behaupten, daß die eiweißartigen Verbindungen des Bluts unverändert durch die Haargefäße hindurchschwitzen können. Nur für den Faserstoff muß vielleicht in allen Fällen eine kleine Veränderung zugegeben werden.

§. 3.

Neben jenen Geweben, die unveränderte Eiweißkörper enthalten, giebt es zahlreiche Werkzeuge oder Gewebetheile, die vorherrschend aus umgewandelten Eiweißstoffen bestehen. Es gehören dahin die Horngebilde, die elastischen Fasern und die verschiedenen leimgebenden Gewebe.

Vielleicht war es das schönste Ergebniß der werthvollen Untersuchungen, welche Donders und Mulder über die chemische Natur der Formbestandtheile des thierischen Körpers angestellt haben, daß alle Horngebilde durch eine angemessene Behandlung mit Kali in Zellen verwandelt werden können, welche in den meisten Fällen mit Kernen versehen sind und im aufgequollenen Zustande in vortrefflicher Weise das Urbild von Zellen darstellen. Da diese Zellen jedoch aus Wand, Kern und sonstigem, häufig vertrocknetem Inhalt bestehen und

1) Mulder, a. a. O. S. 627.

durch einen Bindeſtoff mit einander verbunden ſind, ſo iſt von vorne herein die Möglichkeit gegeben, daß ein Horngewebe aus drei bis vier verſchiedenen organiſchen Stoffen zuſammengeſetzt iſt. Und dieſer Vorausſetzung entſpricht nicht ſelten die verſchiedene Löslichkeit der einzelnen Theile des Gewebes in Kali oder anderen Löſungsmitteln.

Darum bezieht ſich die Analyſe der Horngebilde, deren Zuſammenſetzung genauer unterſucht wurde, auf den vorherrſchenden Formbeſtandtheil, vorzugsweiſe auf die Zellwand. Nach den Zahlen verſchiedener Forſcher theile ich nachſtehende empiriſche Formeln mit, die alle auf N^{60} zurückgeführt ſind:

Oberhaut . $N^{60} C^{400} H^{330} O^{150} S^{2}$ Mulder.
Kuhhorn . $N^{60} C^{440} H^{352} O^{154} S^{11}$ J. L. Tilanus.
Fiſchbein . $N^{60} C^{480} H^{372} O^{156} S^{12}$ van Kerckhof.
Nägel . . $N^{60} C^{420} H^{325} O^{126} S^{14}$ Mulder.
Haare . $8 (N^{60} C^{400} H^{310} O^{120} S^{15}) + P^{5}$ van Laer.

Alle dieſe Horngebilde, zu denen ſich noch die verſchiedenen Epithelien und das Schildpatt geſellen, ſtimmen darin mit einander überein, daß ſie ſich in Kali löſen und aus dieſen Löſungen durch Eſſigſäure niedergeſchlagen werden. Dieſer Niederſchlag iſt, wenn man nur ſo viel Eſſigſäure hinzuſetzt, daß die Löſung nicht ſauer wird, ſehr gering, während beim reichlicheren Zuſatz von Eſſigſäure eine bedeutende Fällung entſteht in den Löſungen von Oberhaut, Horn und Fiſchbein. — Eine Löſung von Epitheliumzellen — Schleimſtoff — in einer alkaliſchen Durchſchwitzung hat Frerichs durch ſeine hübſche Unterſuchung über die Synovia kennen gelehrt[1]).

Geht nun ſchon aus der Zuſammenſetzung und aus der ſo eben angeführten Eigenſchaft eine nahe Beziehung der Horngebilde zu den Eiweißkörpern hervor, ſo wiederholt ſich dieſe in verſchiedener Schattirung im Verhalten zu mehren anderen Prüfungsmitteln. So werden die Oberhaut, die Nägel, Haare, Fiſchbein und Horn durch Salpeterſäure und Ammoniak gelb bis orangegelb, die Wände der Epitheliumzellen dagegen nur ſchwach gelblich.

Salpeterſaures Queckſilberoxyd, mit ſalpeterſaurem Queckſilberoxydul und ſalpetrichter Säure vermiſcht, ertheilt dem Horn und der

1) Frerichs in R. Wagner's Handwörterbuch, Bd. III, S. 465.

Oberhaut, ebenso der Wolle und den Federn, die gleichfalls zu den Horngebilden gehören, eine rothe Farbe (Millon).

Durch Zucker und starke Schwefelsäure werden die Horngebilde nach Schultze roth, wie die eiweißartigen Körper [1]), zumal wenn sie erst in Kali aufgequollen sind.

In starker Essigsäure werden die Epitheliumzellen, die Oberhaut und die Nägel am leichtesten gelöst, Horn, Fischbein und Schildpatt schwerer, indem sie beim Kochen erst gallertig werden und dann allmälig sich auflösen, wobei das Schildpatt jedoch einen bedeutenden Rückstand hinterläßt. Die Haare zeichnen sich vor allen Horngeweben dadurch aus, daß sie von Essigsäure kaum aufgelöst werden (Mulder).

Horn und Fischbein unterscheiden sich nach Mulder dadurch, daß ersteres aus der essigsauren Lösung durch Ammoniak beinahe unverändert niedergeschlagen wird, während der Niederschlag der essigsauren Fischbeinlösung aus dem sogenannten Proteinprotoxyd besteht.

Die Kerne der Epitheliumzellen der Mundhöhle unterscheiden sich von anderen Zellenkernen, indem sie in starker Essigsäure blaß werden; die Kernkörperchen sind in Essigsäure unlöslich.

§. 4.

Wenn sich die mikroskopische Untersuchung irgendwo der Physiologie des Stoffwechsels nützlich erwiesen hat, so ist es bei den Geweben, die elastische Fasern enthalten. Indem sich nämlich die eiweißartigen Stoffe und die leimgebenden Fasern in Kalilauge lösen, werden die elastischen Fasern weder durch eine starke, noch durch eine verdünnte Kalilauge angegriffen. Wenn man das Nackenband, die gelben Bänder der Wirbelsäule, die Bänder, durch welche die Knorpel der Athemwerkzeuge mit einander verbunden sind, das Lungengewebe selbst, die elastischen Knorpel, die Wände der Adern und Schlagadern, der Chylus- und Lymphgefäße, die Fascien und Sehnen, seröse Membranen oder den aus Bindegewebe bestehenden Theil der äußeren Haut, kurz alle die Theile, welche eine irgend erhebliche

1) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXXI, S. 275.

Menge von Bindefasern enthalten, mehre Stunden lang bis zu zwei Tagen mit Kalilauge behandelt, dann bleiben zuletzt nur die elastischen Fasern ungelöst. Bald hat man die schönsten geschwungenen und verzweigten elastischen Fasern ganz vereinzelt vor sich, wie in dem Lungengewebe, bald sind dieselben so enge mit einander verwebt, daß man gleichmäßige elastische Platten vor sich zu haben glaubt, die an einzelnen Stellen durchlöchert sind, so in der gestreiften Haut beider Arten von Blutgefäßen und in der Ringsfaserhaut der Schlagadern (Donders und Mulder, a. a. O. Fig. 176). Henle's Kernfasern stimmen mit den elastischen Fasern überein (Donders und Mulder).

Nach den Analysen von J. W. R. Tilanus lassen sich die elastischen Fasern ausdrücken durch die Formel $N^7 C^{52} H^{40} O^{14}$.

In Wasser, Alkohol und Aether sind die elastischen Fasern ganz unlöslich, aber auch in starker, kochender Essigsäure und in einer mäßig verdünnten Kalilauge werden sie erst nach vielen Tagen gelöst. Salpetersäure färbt die elastischen Fasern nicht gelb, Salzsäure löst dieselben langsam, ohne daß die Lösung violett wird.

Elastische Fasern geben beim Kochen keinen Leim; die elastischen Gewebe wohl, jedoch nur weil sie neben den elastischen Fasern immer auch Bindefasern enthalten (Donders und Mulder). Schultze will indeß aus elastischen Fasern Leim erhalten haben, indem er dieselben 30 Stunden lang bei 160° erhitzte [1]).

Am reinsten läßt sich der Stoff der elastischen Fasern gewinnen, wenn man das Nackenband der Ochsen trocknet, fein schabt und nacheinander mit Kali, Essigsäure, Wasser, Alkohol und Aether wäscht.

§. 5.

Die Knochen, das Bindegewebe, welches die einzelnen Werkzeuge des Körpers, namentlich die Muskeln mit der Haut und die Muskeln unter sich verbindet, die contractilen Fasern der Haut, des Fächergewebes der cavernösen Körper, die Längsfasern und Ringsfasern in der Wand von Adern und Lymphgefäßen, die nicht con-

1) Schultze in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXXI, S. 292 — 295.

tractilen Fasern der verschiedenen Bindegewebehäute (tunicae adventitiae), der elastischen Haut der Schlagadern, der serösen Häute, der fibrösen Häute (Sclerotica des Auges), der Fascien, der Klappen in Adern und Lymphgefäßen, Neurilem, Perichondrium und Periosteum, die Bänder, die Zwischengelenkknorpel des Kniegelenks, der Meniscus des Unterkiefergelenks, — alle diese Theile geben beim Kochen mit Wasser diejenige Leimart, welche nach den Knochen benannt ist (Glutin).

In manchen Fällen werden Membranen oder Bindestoffe, die gar keine Structur zeigen, wie es scheint, durch ein inniges Gemenge des Stoffs der elastischen Fasern und des leimgebenden Körpers gebildet. Dahin gehören das Neurilema und das Sarcolema, welches die Primitivbündel der Muskeln umgiebt, während das Perimysium, welches die Primitivbündel zu secundären Bündeln vereinigt, aus Bindefasern besteht, und die Primitivfasern innerhalb der Primitivbündel durch einen nicht näher bestimmten Eiweißkörper von einander getrennt sind. Vielleicht ist hierher auch die Röhre der einzelnen Nervenfasern zu zählen, welche die emulsionsartige Mischung von Eiweiß und Fett enthält.

Ein einziges Beispiel ist bisher bekannt geworden, in welchem ein Theil der Zellenwände aus leimgebendem Stoff zu bestehen scheint. Die Fettzellen besitzen nämlich nach Donders und Mulder nicht selten eine doppelte Wand, von welcher die äußere in Essigsäure und Kali löslich, die innere dagegen unlöslich ist. Mulder hält die äußere für leimgebenden Stoff [1]).

Endlich geben manche Fischschuppen beim Kochen ebenfalls Leim.

Die Zusammensetzung des Leims ist nach den Analysen Mulder's $N^2 C^{13} H^{10} O^5$; Schlieper hat jedoch auch etwas Schwefel in demselben gefunden (0,12—0,14 Proc.).

Während der Leim in heißem Wasser leicht löslich ist, gesteht er aus dieser Lösung beim Erkalten gallertartig. Durch lange fortgesetztes oder häufig wiederholtes Kochen verliert der Leim die Eigenschaft, steif zu werden. Dabei findet nach van Goudoever eine Hydratbildung statt, nach der Formel $4 N^2 C^{13} H^{10} O^5 + HO$. Auch Essigsäure raubt dem Leim die Fähigkeit, gallertig zu gestehen. In Alkohol und Aether ist der Leim ganz unlöslich.

---

1) Mulder, a. a. O. S. 603.

Durch Gerbſäure, Chlor, Queckſilberchlorid und neutrales Platinchlorid wird Leim aus der wäſſerigen Löſung gefällt; dagegen nicht durch Eſſigſäure, Salzſäure, eſſigſaures Bleioxyd und Alaun. In der eſſigſauren Löſung erzeugt Kaliumeiſencyanür keinen Niederſchlag.

Millon's ſalpeterſaure Queckſilberlöſung röthet den Leim. Dagegen werden die leimgebenden Faſern durch Zucker und ſtarke Schwefelſäure nur gelbbräunlich (Schultze).

Am reinſten gewinnt man den Leim, wenn man die Schwimmblaſe von Acipenser Sturio kocht, heiß filtrirt, trocknet und wäſcht.

§. 6.

Wenn man die Faſerknorpel, die elaſtiſchen Knorpel oder die wahren Knorpel etwa 18 Stunden lang in Waſſer kocht, dann werden dieſelben in Knorpelleim, Chondrin, verwandelt. Von den wahren Knorpeln werden nicht nur die Knorpelzellen, ſondern auch der formloſe Zwiſchenſtoff in Leim verwandelt, von den elaſtiſchen und den gewöhnlichen Faſerknorpeln dagegen nur die Knorpelzellen. Daher liefern die beiden letztgenannten Arten viel weniger Chondrin als die wahren Knorpel. Auch aus der Hornhaut des Auges hat Scherer beim Kochen Chondrin gewonnen.

Die Grundlage der wahren Knorpel löſt ſich am leichteſten in Kali und in Schwefelſäure, die Knorpelkörperchen und die Wände der Knorpelzellen viel ſchwerer, während endlich die Kerne der Knorpelzellen allen Löſungsmitteln widerſtehen (Donders und Mulder). Mulder vermuthet deshalb, daß die wahren Knorpel aus vier verſchiedenen Stoffen beſtehen. Natürlich braucht zwiſchen dieſen Stoffen keine urſprüngliche Verſchiedenheit zu herrſchen. Das Verhalten gegen Löſungsmittel weicht wahrſcheinlich nur ab je nach den anorganiſchen Stoffen, mit welchen die organiſche Grundlage verbunden iſt.

Mulder bezeichnet die Zuſammenſetzung des Knorpelleims durch die Formel $N^{40} C^{320} H^{260} O^{140} S$.

Während das Chondrin in den Löslichkeitsverhältniſſen, der Gallertbildung und dem Verhalten zu Chlor, Queckſilberchlorid und Gerbſäure mit dem Knochenleim übereinſtimmt, unterſcheidet es ſich

von diesem durch die Niederschläge, welche es erzeugt mit Essigsäure, essigsaurem Bleioxyd und Alaun.

Durch das Millon'sche Prüfungsmittel wird Chondrin geröthet; in den wahren Knorpeln wird nach Schultze durch Zucker und Schwefelsäure der Zwischenstoff nur gelbröthlich, die Knorpelzelle dagegen entschieden roth gefärbt.

Um das Chondrin zu gewinnen werden wahre Knorpel, z. B. die Rippenknorpel, 18—24 Stunden gekocht, heiß filtrirt, getrocknet und schließlich mit Wasser, Alkohol und Aether gewaschen.

§. 7.

Ueber die Entstehung der Horngebilde, der elastischen Fasern und der leimgebenden Gewebe aus ihren Mutterkörpern, den eiweißartigen Verbindungen, läßt sich zur Zeit wenig Zuverlässiges sagen. Daß jene Körper indeß aus Eiweißstoffen hervorgehen, ergiebt sich aus ihrer Zusammensetzung und daraus, daß sie im Blut nicht gefunden werden.

So viel ist ausgemacht, daß diese Abkömmlinge der Eiweißstoffe sämmtlich nur unter Aufnahme von Sauerstoff aus ihren Mutterkörpern hervorgehen können. Um dies zu beweisen, bedarf es nur eines Blicks auf die Zusammensetzung des Hornstoffs, der beiden Leimarten, der elastischen Fasern, die sämmtlich durch ihren Sauerstoffgehalt die eiweißartigen Verbindungen übertreffen.

Schon hieraus wird es wahrscheinlich, daß die von Mulder beschriebenen Oxydationsstufen der Eiweißkörper den Uebergang zu Horn und Leim bilden mögen. Es gewinnt aber diese Ansicht bedeutend an Ueberzeugungskraft, wenn wir bedenken, daß in der Haut des Fötus Mulder's sogenanntes Proteintritoxyd wirklich der Vorläufer ist der leimgebenden Fasern.

In den Knochen giebt die ursprüngliche Grundlage beim Kochen Knorpelleim, und es verwandelt sich demnach bei der späteren Entwicklung ein Knorpelleim gebendes Gewebe in ein anderes, das beim Kochen Knochenleim erzeugt. Nach einer Beobachtung Schultze's scheint auch dies auf einer Oxydation zu beruhen. Es gelang nämlich diesem Forscher Knorpel durch Behandlung mit Kali in Knochenleim geben-

des Gewebe zu verwandeln.[1]). Aus den Zahlen, die wir für Knochenleim und Knorpelleim besitzen, ergiebt sich jedoch, daß jener aus diesem nur mittelbar unter Aufnahme von Sauerstoff erzeugt werden könnte, d. h. wenn außerdem sauerstoffreichere Verbindungen entstehen.

Man sieht, daß wir es bisher kaum zu einigen Andeutungen über den Zusammenhang zwischen den Eiweißstoffen und den von diesen abgeleiteten Gewebebildnern gebracht haben. Und auf diesem niedrigen Standpunkt werden unsere Kenntnisse dieser Entwicklungsgeschichte verharren, so lange wir für die Eiweißstoffe nur empirische Zahlen und keine rationelle Formeln besitzen.

§. 8.

Außer jenen von eiweißartigen Körpern abgeleiteten Gewebebildnern, welche den Wirbelthieren angehören, sind zwei Stoffe in den Geweben wirbelloser Thiere beobachtet worden, deren Entstehung offenbar auf die Eiweißkörper zurückgeführt werden muß. Ich meine die Sarcode und das Chitin.

Der Sarcode hat zuerst Dujardin seine Aufmerksamkeit gewidmet. Er gab diesen Namen der so außerordentlich leicht sich zusammenziehenden Grundlage des Körpers der Infusorien, welche er in Wasser unlöslich, dagegen in Kali löslich, durch Weingeist und Salpetersäure gerinnbar fand. Zu diesen Eigenschaften hat Ecker, der die Sarcode bei Hydra viridis einer genauen Prüfung unterwarf, noch die Erhärtung und das Zusammenschrumpfen durch kohlensaures Kali hinzugefügt[2]), ein Merkmal, das Ficinus und Virchow auch den Muskelfasern zuschreiben.

Ecker nennt die Sarkode ungeformte contractile Substanz und zählt zu dieser auch die von Doyère bei den Tardigraden so genau als Muskeln beschriebenen Stränge. In Chironomus-Larven beobachtete Ecker den Uebergang von Sarcode in quergestreifte Muskelfasern. Demnach müßte die Sarcode den eiweißartigen Mutterkörpern sehr

1) Schultze in Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXXI. S. 275.

2) Ecker, in der Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie von von Siebold und Kölliker, Bd. I, S. 238.

nahe stehen, eine Annahme, der keine von den wenigen bisher beobachteten chemischen Eigenschaften widerspricht.

§. 9.

Ein eigenthümlicher Körper, der sich durch seinen Stickstoffgehalt den eiweißartigen Verbindungen anschließt, bildet das Hautskelett der Arthropoden (Insekten, Spinnen und Krustenthiere), außerdem aber den inneren Ueberzug des Darmkanals in Form eines glashellen, structurlosen Epitheliums und endlich die Spiralfaser der Tracheen der hierher gehörigen Thiere. Er wird als Chitin, von Lassaigne mit Rücksicht auf das physiologische Vorkommen als Entomaderm beschrieben.

Nach Analysen von C. Schmidt und Lehmann kann man das Chitin durch die Formel $NC^{17}H^{14}O^{11}$ ausdrücken.

Das Chitin ist unlöslich in Wasser, in Essigsäure und in Alkalien. Starke Salpetersäure und Salzsäure lösen dasselbe ohne Erzeugung einer gelben oder violetten Farbe; wenn man die Säure mit Ammoniak sättigt, dann erzeugt Gerbsäure in der Lösung einen Niederschlag.

Weil die Flügeldecken der Käfer die dicksten Chitinhäute darstellen, so gewinnt man diesen Stoff am leichtesten, wenn man jene mit Alkalien, Essigsäure, Wasser, Alkohol und Aether auszieht.

Auch das Chitin kann offenbar nur durch Oxydation aus den Eiweißkörpern hervorgehen.

§. 10.

Der Farbstoff des Bluts scheint nirgends unverändert auszuschwitzen, und die Muskeln, denen man sonst wohl einen eigenen Farbstoff zugeschrieben hat, verdanken ihre rothe Farbe durchaus nur dem Hämatin der in den Blutgefäßen eingeschlossenen Blutkörperchen (Luyten).

Ja selbst wenn das Hämatin durch Zerreißung von Blutgefäßen in Gewebe austritt, so kann es seine ursprünglichen Eigenschaften nicht behaupten. Wir wissen durch Virchow, daß sich das Hämatin der Blutkörperchen in ergossenem Blut schon nach 17—20 Tagen in Hä-

matoidinkrystalle verwandelt. Daher erklärt sich das Auftreten von Hämatoidin in den Graaf'schen Bläschen.

Ein Abkömmling des Hämatins ist zweifelsohne auch das Melanin, welches die dunkel schwarzbraune Farbe der Pigmentzellen der Chorioidea des Auges, der Gefäßwände und der serösen Membranen der Frösche, und wahrscheinlich auch die Farbe der schwarzen Bronchialdrüsen, der Lungen, einzelner Hautstellen des Menschen und insbesondere der Haut des Negers bedingt.

Auf den Zusammenhang mit dem Hämatin deutet einerseits der von Bruch in seiner vortrefflichen Abhandlung über das körnige Pigment nachgewiesene Eisengehalt (Lehmann fand 0,25 Procent), der von Scherer beobachtete Stickstoffgehalt, sodann die Entstehung eines in allen Merkmalen mit regelmäßigem schwarzbraunem Pigment übereinstimmenden Körpers in krankhaften Blutergüssen (Bruch, Virchow).

Das Melanin ist in Wasser unlöslich, bleibt aber, wenn es mit Wasser angerührt ist, längere Zeit schwebend in demselben. Auch in Alkohol, Aether, starker Essigsäure und verdünnten Mineralsäuren wird es nicht gelöst, wohl aber nach langer Einwirkung in verdünnter Kalilauge. Aus dieser Lösung wird das Melanin durch Salzsäure hellbraun gefällt.

Von der Chorioidea gewinnt man das Melanin, indem man sie durch Leinewand ausspült. Dann gehen die Pigmentkörperchen durch die Maschen der Leinwand. Das durchgegangene Gemenge wird filtrirt, das auf dem Filter bleibende Pigment getrocknet und gewaschen.

Wie das Melanin in seinen einzelnen Entwicklungsstufen aus Hämatin entsteht, darüber ist leider wieder nichts Genaueres bekannt. Aus Scherer's Analyse geht jedoch hervor, daß sich das Melanin durch einen höheren Sauerstoffgehalt vom Hämatin unterscheidet. Mulder fand im Hämatin 11,88 Proc., Scherer im Melanin als Mittel dreier Bestimmungen 22,23 Sauerstoff[1]). Bisher hat man jedoch keine Formel für das Melanin aufstellen können. Nach C. Schmidt's Analysen zeigte sich die Zusammensetzung von krankhaft abgelagertem Pigment so verschieden, daß man es offenbar häufig nicht mit einem fertig gebildeten Stoff, sondern mit verschiedenen Uebergangsstufen zu

1) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. XL, S. 64.

thun hat. Auch Schmidt's Zahlen sprechen indeß für eine Oxydation des Hämatins [1]).

Die Fette als Gewebebildner.

§. 11.

Während bei den niedersten Thieren Fett nur spurweise oder gar nicht vorhanden ist, ist es in den meisten Geweben der Wirbelthiere und bei den Arthropoden reichlich vertreten. Außerordentlich arm an Fett sind jedoch auch bei den Wirbelthieren die Lungen, die Knorpel, die Eichel, der Kitzler, ganz besonders aber die Zahnkronen und nach Schultze die mittlere Haut der Schlagadern. Dagegen findet sich das Fett in sehr großer Menge in der Umgebung der Muskeln des Antlitzes und der Augen, unter der Haut des Gesäßes, im Knochenmark, in den weiblichen Brüsten, wie denn überhaupt der weibliche und auch der kindliche Körper im Fettgehalt den männlichen übertreffen. Selbst den Hornegeweben fehlt das Fett nicht. Von den Haaren ist dies längst bekannt. In jedem Fischbeinkanälchen beobachteten Donders und Mulder eine Reihe länglicher Fettzellen.

Nur vereinzelt findet man die Fettsäuren des Bluts als solche in den Geweben wieder. So fand Berzelius Oelsäure, van Laer Perlmutterfettsäure in den Haaren [2]). Dagegen ist es Regel, daß die den Fettsäuren des Bluts entsprechenden neutralen Fette in den Geweben auftreten, beim Menschen Elain und Margarin, bei den Pflanzenfressern und namentlich bei den Wiederkäuern außerdem auch Stearin. Die Fettseifen werden also, indem sie die Haargefäße verlassen, zerlegt, und die Fettsäure verbindet sich mit der Gruppe des Glycerins, deren Quelle jedoch bisher gänzlich unbekannt ist.

Wenn das Oelfett über das Perlmutterfett und den Talgstoff vorherrscht, dann ist das Fett weich bis flüssig, so das Knochenmark, das Fett im Zellgewebe unter der Haut und das bekannte Klauenfett der Rinder. Je reichlicher dagegen Margarin und Stearin vertreten

1) Lehmann, phys. Chemie, zweite Auflage, Bd. I, S. 317.

2) Mulder, scheikundige onderzoekingen, Deel I, p. 154, 155.

sind, desto fester wird auch das Fett, wie in den Nierenkapseln verschiedener Thiere.

Ganz besonders innig ist während des Lebens das Fett in Hirn und Nerven mit dem Eiweiß verbunden. Nach dem Tode trennt sich jedoch das Fett vom Eiweiß und bildet in den Primitivfasern der Nerven den sogenannten Achsencylinder, der jedoch immer noch etwas Eiweiß eingemengt besitzt. Auch die Ganglienkugeln enthalten Fett; die Kerne ihrer Zellen sind durchsichtig wie Fettkügelchen. (Donders und Mulder). Die Nerven führen nach Vauquelin mehr flüssiges Fett als Hirn und Rückenmark.

Obgleich weniger innig als im Hirn sind auch in der Leber und den Nieren Fett und Eiweiß emulsionsartig mit einander verbunden [1]).

Von den bisher beschriebenen oder erwähnten Fetten wurde durch Verseifung die Capronsäure im Schweineschmalz und von Gottlieb im Gänsefett gefunden, in letzterem von demselben Forscher auch Butyrin [2]). Sodann hat Scherer das Auftreten von Buttersäure in der Fleischflüssigkeit [3]) und R. Wagner kürzlich ein Gleiches für die Caprinsäure im Leberthran wahrscheinlich gemacht [4]). Buttersäure wurde schon früher von de Jongh unter den Bestandtheilen des Fischthrans aufgeführt [5]), und R. Wagner hat diese Angabe bestätigt. Die Caprinsäure und die Capronsäure werden unten bei der Milch beschrieben.

Das Cholesterin des Bluts kehrt unverändert im Gehirn wieder.

§. 12.

Außer jenen häufiger vorkommenden Fettstoffen treten einzelne Fette in gewissen Thierarten auf, die man im engeren Sinne als besondere thierische Bestandtheile bezeichnen kann. Es gehören dahin das Phocenin und der Wallrath.

---

1) Mulder, a. a. O. S. 605.

2) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LVII, S. 34.

3) In derselben Zeitschrift, Bd. LXIX, S. 199.

4) Erdmann und Marchand, Journal, Bd. XLVI, S. 156.

5) Mulder's scheikundige onderzoekingen, Deel I, p. 336.

Das Phocenin ist im Fischthran und außerdem in den Barten der Wallfische, dem bekannten Fischbein, aufgefunden worden. Leider ist das neutrale Fett wenig untersucht. Man weiß nur, daß es in Alkohol und Aether löslich ist und daß die durch Verseifung desselben entstehende Fettsäure, die Phocensäure oder die Delphinsäure mit der Valeriansäure übereinstimmt (Dumas). Da nun die Formel der Valeriansäure $C^{10} H^9 O^3 + HO$ ist, so wird wahrscheinlich das Phocenin durch die Formel $C^{13} H^{13} O^4$ ausgedrückt werden können. Denn

Phocensäure Glycerin.
$$C^{10} H^9 O^3 + C^3 H^4 O = C^{13} H^{13} O^4.$$

Wallrath heißt bekanntlich das feste Fett, welches in den Höhlen des Schädels, besonders in einer großen Höhle des Oberkiefers bei **Physeter macrocephalus** und anderen **Physeter**-Arten, ferner auch bei **Delphinus edentulus** angehäuft ist. In dem lebenden Thiere ist es in Wallrathöl gelöst, nach dem Tode scheidet es sich fest und krystallinisch aus. Es findet sich übrigens auch im flüssigen Fett der übrigen Körpertheile dieser Thiere.

Bei der Verseifung giebt der Wallrath oder das Cetin kein Glycerin, sondern einen eigenthümlichen Körper, das Aethal, und Aethalsäure oder Cetylsäure.

Die Aethalsäure hat nach Smith die Formel $C^{32} H^{31} O^3 + HO$ und wäre demnach der Margarinsäure isomer. Sie krystallisirt in farblosen, glänzenden Nadeln, die bei 57° schmelzen und bei 55° fest werden. Sie läßt sich unzersetzt verflüchtigen.

In Wasser ist die freie Aethalsäure unlöslich, sehr leicht löslich dagegen in Alkohol und Aether. Ihre Seifen werden auch in Wasser gelöst.

Das Aethal oder Cetyloxyd wird von Dumas und Péligot durch die Formel $C^{32} H^{33} O + HO$ bezeichnet. Es krystallisirt in glänzenden Blättchen und schmilzt bei 48°.

Durch seine Eigenschaften ist das Aethal ebenso wesentlich vom Glycerin verschieden, wie durch die Zusammensetzung. Es ist nämlich unlöslich in Wasser, leicht löslich in Alkohol und in Aether.

Wenn man den Wallrath mit Kali verseift, die Seife durch Salzsäure zersetzt und das Gemenge mit Kalkmilch behandelt, dann kann man das Aethal durch kalten Alkohol ausziehen, der äthalsauren

Kalk ungelöst zurückläßt. Diesen zerlegt man durch Salzsäure und man reinigt die Aethalsäure, indem man dieselbe aus Aether umkrystallisirt.

Zu den Fettsäuren gehört noch die Döglingsäure, welche Scharling im Thrane von Balaena rostrata gefunden hat. Scharling legt dieser Säure, die einige Grade über 0° erstarrt, bei + 16° aber flüssig ist, die Formel C^{38} H^{35} O^3 + HO bei und vermuthet, daß dieselbe im Thran nicht an Glycerin, sondern an einen dem Aethal ähnlichen Körper gebunden sei. Letzterer ist jedoch von Scharling nicht dargestellt[1]).

In dem Bockstalg hat man früher eine eigenthümliche Säure, die Hircinsäure, angenommen, die aber nur mangelhaft untersucht ist. Die Prüfung dieses Körpers ist nicht wiederholt, seitdem man in der Caprinsäure, Caprylsäure und Capronsäure wohl charakterisirte flüchtige Fettsäuren kennt, auf welche sich die Hircinsäure wahrscheinlich wird zurückführen lassen.

§. 13.

Außer Elain, Margarin und Cholesterin enthält das Hirn und das Mark der Nerven nach den Untersuchungen Frémy's zwei eigenthümliche Fette, die er als Cerebrinsäure und Oleophosphorsäure bezeichnet.

In der Cerebrinsäure fand Frémy Stickstoff und Phosphor, und abgesehen von letzterem läßt sich der Körper nach Frémy's Analyse durch die Formel NC^{68} H^{64} O^{15} ausdrücken. Die Cerebrinsäure läßt sich körnig krystallinisch gewinnen. Gobley, der denselben Körper neuerdings als Cerebrin beschrieb, erklärt ihn für neutral; er behauptet, daß sich das Cerebrin zwar mit Metalloxyden verbinde, jedoch in unbeständigen Verhältnissen[2]).

Das Cerebrin oder die Cerebrinsäure von Frémy löst sich weder in kaltem, noch in heißem Wasser, quillt aber in beiden nach Art der Stärkmehlkörnchen auf. Es wird leicht in kochendem Alkohol, in kaltem Aether fast gar nicht und auch nur wenig in kochendem gelöst.

---

1) Vgl. Lehmann, a. a. O. Bd. I, S. 121.

2) Journal de pharmacie et de chimie, 3e série T. XVIII p. 110.

Nach Frémy sollten selbst die cerebrinsauren Alkalien in Wasser unlöslich sein.

Jene zweite Säure, die Oleophosphorsäure, konnte Frémy nicht ganz rein gewinnen. So weit dieselbe der Untersuchung zugänglich war, zeigte sie sich gelb, klebrig, unlöslich in kaltem Wasser, wenig löslich in kaltem Alkohol, dagegen leicht in kochendem und in Aether. Alle diese Eigenschaften stimmen überein mit dem von Gobley als neutral beschriebenen Lecithin [1]).

Weder Frémy, noch Gobley konnten diesen zweiten Körper unzersetzt vom ersteren trennen. Die Oleophosphorsäure oder das Lecithin soll Phosphor, aber keinen Stickstoff enthalten.

Nach Frémy's Angabe sollte die Oleophosphorsäure beim längeren Kochen mit Wasser oder mit Alkohol in Oelstoff und Phosphorsäure zerfallen. Gobley lehrt aber neuerdings, daß das Lecithin mit Mineralsäuren oder mit Alkalien behandelt in Oelsäure, Perlmutterfettsäure und in Phosphorglycerinsäure zerfalle. Diese Phosphorglycerinsäure ist eine farblose, saure Flüssigkeit, welche nicht krystallisirt und in Wasser und Alkohol leicht gelöst wird. Gobley hat phosphorsaures Glycerin-Ammoniak im Hirn gefunden.

In dem Gehirn eines 78jährigen Menschen fand Dénis eine größere Menge phosphorhaltigen Fetts als in dem eines 20jährigen Jünglings. Wenn man das Gehirn verkohlt, dann erhält man eine Kohle, welche durch freie Phosphorsäure Lackmuspapier röthet, während die Kohle der Nerven unter denselben Umständen Lackmuspapier bläut (Lassaigne). Lassaigne behauptet, daß im letzteren Falle die Phosphorsäure durch die alkalische Flüssigkeit des Neurilems übersättigt war. Das Hirn und das verlängerte Mark der Katze und der Ziege zeigten nach der Verkohlung keine so deutlich saure Beschaffenheit, wie dieselben Theile des Pferdes. Lassaigne schließt mit Recht daraus, daß die Menge des phosphorhaltigen Fetts im Gehirn verschiedener Thiere verschieden groß sei [2]). Zwischen dem Hirnfett der

1) Gobley in derselben Zeitschrift Bd. XVII, S. 414.

2) Journ. de pharm. et de chim. 3e sér. T. XVIII, p. 349.

Vögel und dem der Säugethiere konnte H. Nasse keinen Unterschied auffinden. Das Hirnfett der Fröſche ſoll nach dieſem Forſcher etwas flüſſiger und ſpärlicher vertreten ſein als das der warmblütigen Thiere[1]).

Ob das phosphorhaltige Fett der Leber mit dem des Hirnes übereinſtimmt, iſt bisher nicht unterſucht.

Um die eigenthümlichen Hirnfette zu gewinnen, behandelt man das Hirn erſt mit kochendem Alkohol, wodurch demſelben das die Einwirkung des Aethers ſtörende Waſſer möglichſt entzogen wird. Darauf wird die zerſchnittene Maſſe mit kaltem und mit warmem Aether ausgezogen und die ätheriſche Löſung verdampft. Der Rückſtand wird mit kaltem Aether angerührt, welcher Frémy's Cerebrinſäure ungelöſt zurückläßt. Dieſe iſt aber noch mit Oleophosphorſäure, mit Natron und mit phosphorſaurem Kalk verunreinigt. Kochender Alkohol, der mit etwas Schwefelſäure verſetzt iſt, löſt die Cerebrinſäure auf und trennt dieſelbe von den in Alkohol unlöslichen ſchwefelſauren Salzen des Kalks und des Natrons. Aus der filtrirten Alkohollöſung läßt man die Cerebrinſäure kryſtalliſiren und wäſcht die Kryſtalle mit kaltem Aether, um die verunreinigende Oleophosphorſäure zu entfernen.

Der kalte Aether, mit welchem man den Rückſtand der erſten ätheriſchen Löſung behandelt hat, enthält oleophosphorſaures Natron, welches durch eine verdünnte Säure zerſetzt wird. Wenn man die Maſſe mit Alkohol auskocht, dann wird die Oleophosphorſäure beim Erkalten ausgeſchieden. Vollſtändig rein konnte jedoch die Oleophosphorſäure nicht gewonnen werden.

Unſre Kenntniß von der Conſtitution dieſer eigenthümlichen Hirnfette ruht noch viel zu ſehr in den Anfängen, als daß man über die Entwicklungsgeſchichte derſelben auch nur eine irgend haltbare Vermuthung aufſtellen könnte. Sehr wahrſcheinlich iſt es aber, daß dieſelben zu den phosphorhaltigen Fetten des Bluts in einer nahen Beziehung, ſtehen, vielleicht ganz mit denſelben übereinſtimmen (Vgl. oben S. 249).

Die Fettbildner als Beſtandtheile der Gewebe.

§. 14.

Zellſtoff, eine Abart des Stärkmehls, Zucker und Milchſäure ſind auch in thieriſchen Geweben beobachtet worden, die beiden erſteren je-

1) H. Naſſe, Art. thieriſche Wärme in R. Wagner's Handwörterbuch S. 104.

doch nur bei wirbellosen Thieren, die beiden letzteren bei Wirbelthieren.

Das Vorkommen des Zellstoffs bei Thieren ist von C. Schmidt in dem Mantel der Tunicaten, und zwar bei Cynthia mammillaris entdeckt worden. Seitdem ist Schmidt's Beobachtung bestätigt und erweitert von Löwig und Kölliker, die den Zellstoff als Eigenthum des Mantels der einfachen, wie der zusammengesetzten Ascidien und der übrigen salpenartigen Tunicaten kennen lehrten. Löwig und Kölliker haben jedoch zahlreiche andere wirbellose Thiere, Polypen, Quallen, Echinodermen, Ringelwürmer und andere Weichthiere vergeblich auf Zellstoff geprüft.

An diese merkwürdigen Beobachtungen reiht sich eine andere, in neuester Zeit von Gottlieb gemacht, die uns jedoch nach jenen bereits weniger verwundern kann. Gottlieb fand nämlich die weißen Körner von Euglena viridis, einem Infusorium, aus einem dem Stärkmehl ähnlichen Stoffe zusammengesetzt, den er Paramylon nennt, weil derselbe auch isomer dem Stärkmehl ist, also durch die Formel $C^{12} H^{10} O^{10}$ ausgedrückt wird [1]).

Das Paramylon ist unlöslich in Wasser und verdünnten Säuren, in Ammoniak und in Weingeist. Dagegen werden die Körner in Kali gelöst und durch Salzsäure gallertig aus der Lösung gefällt. Die weißen Körner werden durch Jod nicht gebläut, durch Diastase oder durch verdünnte Säuren nicht in Zucker verwandelt. Als aber das Paramylon mit einem Ueberschusse rauchender Salzsäure gekocht wurde, verwandelte es sich unter gleichzeitiger Bildung eines braunen humusähnlichen Körpers in gährungsfähigen Zucker (Gottlieb).

Bei den Säugethieren haben Bernard und Barreswil im Gewebe der Leber eine regelmäßige, und zwar eine ansehnliche Menge Traubenzucker entdeckt. Diese Angabe wurde für die Leber der Frösche von Lehmann [2]) und für die Leber des Menschen und zahlreicher Thiergattungen von Frerichs [3]) bestätigt. Seitdem beobachtete Bernard den Zucker in der Leber der verschiedensten Säugethiere, Vögel,

1) Gottlieb in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXXV, S. 51 u. folg.

2) Lehmann, physiol. Chemie, Bd. I, S. 298.

3) Frerichs, Art. Verdauung in R. Wagner's Handwörterbuch S. 831.

Reptilien, in der Leber von Knochenfiſchen und Knorpelfiſchen, Gaſteropoden und Acephalen, endlich bei einigen Decapoden.[1]).

Schon Bernard und Barreswil fanden dieſen Zuckergehalt der Leber unabhängig von der Nahrung. Katzen, die acht Tage lang nichts als Fleiſch genoſſen, Fledermäuſe, die acht Wochen hindurch im Winterſchlaf verharrt hatten, ließen den Zucker im Lebergewebe nicht vermiſſen (Frerichs)[2]). Auch van den Broek wies kürzlich Zucker nach in der Leber von hungernden und gefütterten Kaninchen, ſowie in der Leber eines Hundes, der nur thieriſche Koſt, in dieſer aber allerdings auch Leber erhielt[3]). Ja Bernard erhielt ſogar Zucker aus der Leber von Säugethier- und Vogel-Früchten, die noch nicht geboren waren.

In Folge vollſtändiger Enthaltſamkeit ſah Bernard den Zuckergehalt der Leber verſchwinden. Die hierzu erforderliche Dauer der Inanitiation war aber ſehr verſchieden je nach der Thierart, dem Alter, dem Geſundheitszuſtande und anderen Verhältniſſen. Van den Broek fand noch Zucker in der Leber von Kaninchen, die in drei Tagen weder feſte noch flüſſige Nahrung bekommen hatten.

In dieſem Augenblicke läßt ſich ſchwer entſcheiden, aus welchen Stoffen jener Zuckergehalt der Leber bei Fleiſchkoſt abzuleiten iſt. Daß er von ſtickſtoffhaltigen Stoffen herſtamme, wie Bernard anzunehmen ſcheint, kann für jetzt nicht als bewieſen gelten, ſo ſehr auch die hohen Zahlen des Zuckergehalts, den van den Broek in der friſchen Leber fand (2,12 bis 2,6 in hundert Theilen) dafür zu ſprechen ſcheinen.

Man darf aber nicht vergeſſen, daß das Blut der Thiere, deren Fleiſch genoſſen wird, Zucker enthält, und daß ſich der Zucker, ſo gering die im Blut vorhandene Menge auch ſein mag, in der Leber ſo gut anſammeln könnte, wie dies z. B. ſchon längſt von vielen Metallen bekannt iſt[4]).

Sodann hat Scherer eine neue Abart des Zuckers im Muskelfleiſch beobachtet[5]). Dieſer Zucker, für welchen Scherer die For-

1) Bernard in Comptes rendus, XXXI, p. 572.

2) Frerichs, a. a. O. S. 831. Not. 2.

3) Van den Broek, in Nederlandsch lancet, VI, p. 108—110.

4) Vgl. unten S. 393.

5) Scherer in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXXIII, S. 322.

mel C^{12} H^{12} O^{12} + 4 HO berechnet, kryſtalliſirt in kleinen, glänzenden, dem Choleſterin ähnlichen Blättchen, die ſich leicht in Waſſer, ſchwer in ſtarkem Weingeiſt, nicht in Alkohol und Aether löſen. Er ſchmeckt raſch und deutlich ſüß, unterſcheidet ſich aber vom Traubenzucker, indem er weder in weinige Gährung übergeht, noch Kupferoxydſalze reducirt. Unter der Einwirkung von Käſe oder Fleiſch liefert er jedoch Milchſäure und Butterſäure. Scherer nennt dieſen Zucker Inoſit, Muskelzucker.

Nachdem die älteren Angaben über das Vorkommen von Milchſäure in den Geweben längere Zeit hindurch in wohlbegründete Zweifel gehüllt waren, hat Liebig in ſeiner klaſſiſchen Abhandlung über das Fleiſch das Vorhandenſein derſelben außer Frage geſtellt. Und ſeitdem kann man der Angabe van Laer's, daß die Haare milchſaures Ammoniumoxyd enthalten, ſein Vertrauen nicht verſagen. Ja es iſt mehr als wahrſcheinlich, daß die Milchſäure in den verſchiedenſten Geweben zu den regelmäßigen Beſtandtheilen des dieſelben tränkenden Nahrungsſafts gehören mag. Erſt vor Kurzem hat Lehmann die Anweſenheit von Milchſäure in der Kryſtalllinſe des Auges zu einem hohen Grade der Wahrſcheinlichkeit erhoben [1]).

Die ſehr auffallende Beobachtung Engelhardt's, daß die aus Zucker entſtandene Milchſäure in den Salzen des Kalks, der Talkerde, des Zinkoxyds, des Nickeloxyds und des Kupferoxyds durch eine verſchiedene Löslichkeit und verſchiedenen Waſſergehalt von der Milchſäure des Fleiſches abweichen ſollte [2]), konnte Lehmann weder an dem Zinkſalz, noch an dem Talkerdeſalz beſtätigen, und auch Liebig glaubt aus dem Sauerkraut ein milchſaures Zinkoxyd erhalten zu haben, welches mit dem aus der Fleiſchflüſſigkeit gewonnenen übereinſtimmte [3]).

Die anorganiſchen Beſtandtheile als Gewebebildner.

§. 15.

Es iſt oben bereits mitgetheilt, daß die Durchſchwitzungen der Regel nach etwas weniger Eiweiß, namentlich aber weniger Fett

1) Lehmann, a. a. O. Bd. I, S. 378.
2) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXV, S. 361.
3) Lehmann, a. a. O. S. 91.

enthalten als das Blut. Demnach ſchwitzt alſo überhaupt das Waſſer nicht nur unbedingt, ſondern auch verhältnißmäßig reichlicher als Fett und Eiweiß durch die Wand der Haargefäße hindurch. Obgleich bei weitem die größere Hälfte dieſes Waſſers, von den verſchiedenen Drüſen, zumal von den Nieren, angezogen, in den Abſonderungen und Ausſcheidungen wieder erſcheint, ſo gehört doch ein nicht unbedeutender Theil den Geweben, die nicht ſelten ihre wichtigſten phyſikaliſchen Eigenſchaften dem wechſelnden Waſſergehalt verdanken.

Offenbar wird die Härte der Knochen und der Zähne zu einem großen Theil durch die Armuth an Waſſer bedingt. Sehnen, elaſtiſches Gewebe, Knorpel, die Hornhaut und die Sclerotica, lauter Theile, deren äußeres Anſehen in friſchem, waſſerhaltigem Zuſtande ſehr verſchieden iſt, werden einander höchſt ähnlich, wenn man ſie im luftleeren Raum trocknet. Sie bekommen alle eine gelbliche oder röthlichgelbe Farbe, die Sehnen verlieren ihren Seidenglanz und alle die genannten Gewebe werden mehr oder weniger durchſichtig. Umgekehrt wird die durchſichtige Hornhaut milchweiß wie die Sclerotica, wenn man dieſelbe in Waſſer einweicht. Beim Trocknen verliert das elaſtiſche Gewebe ſeine Elaſticität, die Sehnen und Knorpel büßen ihre Biegſamkeit ein, und längeres Eintauchen in Waſſer genügt, um allen dieſen Werkzeugen ihre urſprünglichen Eigenſchaften wieder zu ertheilen. (Chevreul) [1].

Je größer der Waſſergehalt der Gewebe iſt, um ſo lebendiger wird der Stoffwechſel, der die Verrichtungen derſelben bedingt. In dieſem Sinne iſt Waſſer ein unentbehrliches Erforderniß zur Kraftanſtrengung unſerer Muskeln, zu der lebendigen Gedankenthätigkeit unſeres Hirns. Hirn und Muskeln gehören zu den waſſerreichſten Geweben unſeres Körpers.

So wie nun das Waſſer in keinem Werkzeug ganz fehlt, ſo iſt es auch für die übrigen anorganiſchen Stoffe des Bluts ziemlich durchgreifende Regel, daß ſie in größerer oder geringerer Menge in allen Geweben vertreten ſind. Aber nicht jeder anorganiſche Beſtandtheil, der in einem Organe ſpurweiſe vorhanden iſt, läßt ſich als Gewebebildner betrachten in dem einleuchtenden Sinne, in welchem das Waſſer

1) Chevreul, De l'influence que l'eau exerce sur plusieurs substances azotées solides, in den Ann. de chim. et de phys. T. XIX, p. 33—49.

einen weſentlichen Gewebebildner darſtellt in Sehnen und Knorpeln, in der Hornhaut und der weißen Haut des Auges, in elaſtiſchen Bändern und Muskeln.

Allein die regelmäßige Verwandtſchaft der organiſchen Grundlage der Gewebe, welche dieſen oder jenen anorganiſchen Stoff als einen unentbehrlichen Beſtandtheil des betreffenden Werkzeugs erſcheinen läßt, kann die Mineralkörper im engeren Sinne zu Gewebebildnern erheben. Liebig hat eine ſolche Verwandtſchaft zwiſchen der Muskelfaſer und Chlorkalium [1]), Lehmann zwiſchen der organiſchen Grundlage der Knorpel und Chlornatrium kennen gelehrt [2]). Chlorkalium und Chlornatrium ſind deshalb Gewebebildner, ebenſo gut und ebenſo wichtig wie Muskelfaſerſtoff oder die chondringebende Grundlage der Knorpel. In ganz ähnlicher Beziehung ſcheint phosphorſaures Kali zu den Muskeln (Liebig), phosphorſaures Natron zu den Knorpeln (Fromherz und Guggert) zu ſtehen. Phosphorſaures Natron beobachtete Schultze in der Wand der Schlagadern.

Es iſt nach Lehmann's hübſcher Entwicklung mehr als wahrſcheinlich, daß phosphorſaures Natron-Ammoniak das Globulin der Kryſtallinſe begleitet, die außerdem auffallend reich iſt an ſchwefelſaurem Natron [3]).

Schwefelſaures Natron hat von Bibra in ziemlich bedeutender Menge in den Knochen der Amphibien und Fiſche gefunden, ſchwefelſaures Kali fand van Kerckhoff in den Barten des Wallfiſches. Sonſt ſcheinen die ſchwefelſauren Alkalien bei den warmblütigen Wirbelthieren faſt nur den Knochen eigenthümlich anzugehören.

Sehr reichlich iſt der phosphorſaure Kalk in den Geweben vertreten, was ſich ſchon daraus begreifen läßt, daß er in beträchtlicher Menge alle Eiweißkörper des Bluts begleitet, die ja als Gewebebildner erſten Ranges betrachtet werden müſſen. Am wichtigſten iſt der phosphorſaure Kalk für die Knochen und Zähne, und merkwürdiger Weiſe ſind die Knochen an dieſem Salze um ſo reicher, je größer

1) Liebig, Chemiſche Unterſuchung über das Fleiſch, Heidelberg 1847, S. 85.

2) Lehmann, Lehrbuch der phyſiologiſchen Chemie, Bd. I, S. 133 der erſten Auflage.

3) Lehmann, phyſ. Chemie, zweite Auflage, Bd. I, S. 378.

die Anſtrengungen ſind, denen ſie unterworfen werden. Von Bibra fand am meiſten Knochenerde in dem Schienbein bei Wadvögeln, in dem Oberſchenkel bei Scharrvögeln, in dem Oberarme bei allen Vögeln mächtigen Fluges. In den Knochen haben zuerſt von Bibra und Frerichs feſte Verbindungen zwiſchen der leimgebenden Grundlage und dem phosphorſauren Kalk wahrſcheinlich gemacht; die von jenen Forſchern erhaltenen Zahlen ſtimmen jedoch nicht zu Einer Verbindung, wie denn die Anweſenheit verſchiedener Verhältniſſe in der Vereinigung der organiſchen Grundlage mit der Knochenerde ſchon deshalb angenommen werden mußte, weil letztere in höherem Alter bedeutend zunimmt. Phosphorſaurer Kalk iſt ferner in den meiſten Horngebilden, in Haaren und Nägeln, Oberhaut und Fiſchbein vorhanden, und er fehlt auch den Muskeln nicht.

Einen überraſchenden Reichthum an phosphorſaurem Kalk hat C. Schmidt in den Mantellappen von Unio und Anodonta nachgewieſen.

Vor Kurzem haben Heintz und H. Roſe gezeigt, daß der phosphorſaure Kalk der Knochen, dem Berzelius den Ausdruck $8\,CaO + HO + 3\,PO^5$ beilegte, durch die Formel $3\,CaO + PO^5$ zu bezeichnen iſt. Nach R. Weber iſt dies jedoch nicht die einzige Form, in welcher der phosphorſaure Kalk im Thierleib auftritt, und die Formel von Berzelius iſt nicht ohne Beiſpiel [1]). In dem Belugenſtein, der in den Nieren von Acipenser Huso vorkommt, fand Wöhler einen phosphorſauren Kalk von der Zuſammenſetzung $(2\,CaO + HO) + PO^5 + 4\,HO$, der 4 HO bereits bei 150°, das fünfte Aequivalent Waſſer jedoch erſt beim Glühen verlor [2]). Auch von Bibra hat auf verſchiedene Verhältniſſe zwiſchen dem Kalk und der Phosphorſäure aufmerkſam gemacht, die in den Zähnen vorkommen. Girardin ſah in foſſilen Knochen kryſtalliſirtes Kalkphosphat von der Zuſammenſetzung des Apatits.

Im neugebildeten Knochen iſt neben dem phosphorſauren Kalk eine bedeutende Menge von kohlenſaurem Kalk vorhanden (Valentin, Laſſaigne), und Lehmann macht ganz richtig darauf auf-

1) Poggendorff's Annalen, Bd. LXXXI, S. 411.

2) Wöhler in ſeinen Annalen, Bd. LI, S. 437.

merkſam, wie ein Theil dieſes kohlenſauren Kalks die Quelle des phosphorſauren Kalks ſein muß. Im höheren Alter tritt der kohlenſaure Kalk immer mehr gegen den phosphorſauren Kalk der Knochen zurück, und der phosphorfreie leimgebende Stoff kann offenbar aus phosphorhaltigen Eiweißſtoffen nur hervorgehen, indem der Phosphor zu Phosphorſäure verbrennt. So ſtellt ſich zwiſchen der leimgebenden Grundlage und der Knochenerde ein Zuſammenhang der Entwicklung heraus, der als ein ſtoffliches Seitenſtück zur Entſtehung der Bindegewebefaſern aus Zellen und der elaſtiſchen Faſern aus Kernen dieſer Zellen gelten darf, welche Henle bei der Beſchreibung ſeiner Kernfaſern ſo trefflich erörtert hat.

Bei den wirbelloſen Thieren herrſcht der kohlenſaure Kalk ebenſo entſchieden über den phosphorſauren vor, wie umgekehrt bei den Wirbelthieren die Knochenerde über die Kreide. Die anorganiſchen Theile des Hautſkeletts und der Schaalen bei Echinodermen, Polypen und Weichthieren beſtehen beinahe ganz, jedenfalls immer vorherrſchend aus kohlenſaurem Kalk.

Kryſtalliniſch findet ſich kohlenſaurer Kalk im Hirnſand und in den ovalen Säckchen des Vorhofs im menſchlichen Gehörorgane, in den Gehörblaſen der Weichthiere, auf der Hirnhaut und in den bekannten ſilberweißen Säckchen an den Zwiſchenwirbellöchern der Fröſche.

Neben dem phosphorſauren und kohlenſauren Kalk muß das Fluorcalcium als ein Gewebebildner der Knochen und Zähne betrachtet werden. Fluorcalcium iſt ein ganz regelmäßiger Beſtandtheil der Knochen durch die vier Wirbelthierklaſſen hindurch. Girardin fand das Fluorcalcium in foſſilen Knochen beträchtlich vermehrt, ebenſo Lehmann, und in foſſilen Zähnen Laſſaigne. Am wahrſcheinlichſten iſt es wohl, daß dieſes Fluorcalcium von durchſickerndem Waſſer herrührte. Liebig hat auch in den Knochen Pompejaniſcher Skelette einen erhöhten Fluorcalciumgehalt beobachtet.

Die Schaalen der Weichthiere ſind nach von Bibra und Middleton, ſo gut wie die Knochen der Wirbelthiere, durch die regelmäßige Anweſenheit von Fluorcalcium ausgezeichnet [1]).

Schwefelſaurer Kalk wird ſehr ſelten im Thierkörper gefunden. Und dies iſt begreiflich, da der mit dem Trinkwaſſer in unſer Blut

1) Vgl. Lehmann, a. a. O. Bd. I, S. 435.

gelangende Gyps ſich mit kohlenſaurem Natron in kohlenſauren Kalk und ſchwefelſaures Natron zerſetzen muß. Gyps wird indeß aufgeführt unter den Beſtandtheilen der Haare (van Laer) und des Fiſchbeins (van Kerckhoff).

Obgleich die phosphorſaure Bittererde wohl ziemlich in allen Geweben vorkommen dürfte, ſo verdient ſie doch nach den bisherigen Unterſuchungen nur in den Muskeln, in welchen nach Liebig die Bittererde über den Kalk vorherrſcht, und in den Knochen und Zähnen den Namen eines Gewebebildners. Ganz beſonders reichlich iſt ſie in den Zähnen der Dickhäuter vertreten (von Bibra). In den Knochen ſollte nach Berzelius ein kleiner Theil der Bittererde an Kohlenſäure gebunden ſein; dieſer Annahme, die ich ſchon früher als nicht nothwendig aus den Beobachtungen hervorgehend bezeichnete [1]), widerſpricht es jedoch, daß von Bibra und Lehmann durch verdünnte Eſſigſäure keine Bittererde aus den Knochen ausziehen konnten [2]). Schwefelſaure Bittererde und Chlormagneſium nennt van Laer unter den Beſtandtheilen der Haare, und van Kerckhoff fand letzteres in dem Fiſchbein.

Hinſichtlich des Eiſengehalts, der den Formbeſtandtheilen weicher, bluterfüllter Gewebe oder pigmentirten Häuten zugeſchrieben wird, läßt ſich vor der Hand bezweifeln, ob er nicht immer von verbranntem Hämatin und Melanin herrührt. Die Spuren von Eiſen, welche Berzelius in den Knochen, Fromherz und Gugert in Knorpeln gefunden haben, gehörten wahrſcheinlich dem Blut, nicht der eigenthümlichen Grundlage des Gewebes an; Heintz hat bei ſeinen neuerdings mit großer Sorgfalt angeſtellten Analyſen der Knochen des Eiſens nicht erwähnt. Dagegen ſcheint das Eiſen ein nothwendiger Beſtandtheil der Horngebilde zu ſein. Es findet ſich als Oxyd in Haaren und Fiſchbein, in letzterem nach van Kerckhoff außerdem als Schwefeleiſen und Phosphoreiſen, die man ſonſt bisher in keinem Gewebe beobachtet hat.

Kieſelerde wurde von Fourcroy und Vauquelin bei einem Kinde in den Knochen gefunden, von Marchand bei Squalus cor-

---

1) Jac. Moleſchott, Phyſiologie der Nahrungsmittel, S. 26.

2) Lehmann, a. a. O. Bd. I, S. 456.

nubicus. Viel reichlicher als das innere Skelett der Wirbelthiere iſt das Hautſkelett der Wirbelloſen mit Kieſelerde verſehen; am bekannteſten iſt durch den Reichthum an Kieſelerde der Panzer vieler Infuſorien (Ehrenberg).

Bei den Wirbelthieren iſt die Kieſelerde ſo recht eigentlich der Gewebebildner mancher horniger Theile. Haare (van Laer), Schaafwolle (Chevreul), ganz beſonders aber die Federn der Vögel (Henneberg, von Gorup-Beſanez) ſind durch einen regelmäßigen Gehalt an Kieſelerde ausgezeichnet. Am meiſten Kieſelſäure fand von Gorup-Beſanez in den Federn der körnerfreſſenden Vögel, am wenigſten in denen von Vögeln, die ſich von Fiſchen und Waſſerthieren nähren. In den Federn alter Vögel war beinahe doppelt ſo viel Kieſelſäure zugegen, wie bei jungen Thieren, und auch je nach der Art zeigte ſich eine große Verſchiedenheit. Den reichlichſten Kieſelerdegehalt fand von Gorup-Beſanez in 100 Theilen der Federn von Gallus domesticus, Corvus frugilegus und Meleagris gallipavo, die größte Kieſelerdemenge in 100 Theilen Aſche bei Perdix cinerea und Gallus domesticus [1]).

In den Knochen des Menſchen finden ſich nach Vauquelin Spuren von Thonerde, die ſonſt nirgends in den Geweben auftritt und deshalb gewiß nicht als weſentlicher Beſtandtheil betrachtet werden darf.

Endlich ſcheint das Kupfer in der Leber von Fiſchen, Kruſtenthieren und Weichthieren als Gewebebildner betrachtet werden zu dürfen. Von Bibra fand Kupfer in der Leber von Salmo fario, Acanthias, Zeus und Cancer pagyurus, Harleß in der Leber von Helix pomatia. In der Leber von Fröſchen iſt nach Lehmann kein Kupfer enthalten. Dagegen fand von Bibra Kupfer in der Leber des Schweins und des Ochſen [2]).

Das Mangan, welches Vauquelin in den Haaren, Wurzer in dem grauen Staar eines Bären beobachtet hat, iſt wohl nur als Begleiter des Eiſens zu betrachten.

---

1) Von Gorup-Beſanez, in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXVI, S. 331.

2) Von Bibra, Chemiſche Fragmente über die Leber und die Galle, Braunſchweig 1849, S. 179—182.

In welcher Beziehung das Jod, welches Chatin im Körper der Waſſerratten, Waſſerhühner, Fröſche, Gründlinge, Krebſe, Lymnäen und Blutegel ſogar in größerer Menge auffand als in den Waſſerpflanzen derſelben Gewäſſer, zu einzelnen Geweben jener Thiere ſtehen mag, iſt zur Zeit noch nicht erforſcht [1]).

Arſenſäure, die man nach den Angaben von Devergie und Orfila um ſo lieber in den Knochen annehmen möchte, ſeitdem Stein in einigen Pflanzen Arſenik als regelmäßigen Beſtandtheil entdeckt hat, kann bisher nicht als Gewebebildner, ja wie es ſcheint nicht einmal als zufälliger Beſtandtheil von Geweben betrachtet werden, da weder Steinberg, noch Schnedermann und Knop, noch in letzterer Zeit Stein Orfila's Angaben beſtätigen konnten [2]). Ja Schnedermann und Knop vermißten ſogar Arſenik in den Knochen eines Schweins, das drei Viertel Jahr in der Nähe der Silberhütte zu Andreasberg gelebt hatte, wo ſich beſtändig Arſenikdämpfe entwickeln, die ſich dem Vieh gefährlich erweiſen.

§. 16.

In der folgenden Tabelle ſind für verſchiedene Gewebe einige Analyſen zuſammengeſtellt, um ein Bild von den Mengenverhältniſſen der einzelnen Beſtandtheile zu geben.

---

1) Journ. de pharm. et de chim., 3e série, T. XVIII, p. 241.

2) Erdmann und Marchand, Journal für prakt. Chemie, Bd. LI, S. 303.

In 100 Theilen.	Muskeln des Ochsen. Bergelius.	Mittlere Haut der Carotis des Ochsen. Schultze.	Hirn des Menschen. Denis.	Leber des Schweines. Von Bibra.	Knochen des Menschen (trocken). Heintz.	Knorpel des Menschen (trocken). Frombera und Guggert.	Krystalllinse des Pferdes. Simon.
Eiweiß	2,20[1]	2,27	7,3	5,24	—	—	25,53
Unlösliche eiweißartige Substanz	15,80[2]	18,62[2]	—	10,33[2]	—	—	—
Käsestoff	—	6,44	—	—	—	—	—
Globulin	—	—	—	—	—	—	14,20
Leimgebende Substanz	1,90	—	—	3,12	30,47	96,59	—
Fett	—	—	—	3,00			0,14
Phosphorhaltiges Fett	—	—	12,4	—	—	—	—
Extractivstoff	—	2,28		4,73	—	—	—
Alkoholextract mit Salzen	1,80	—	1,4	—	—	—	0,43
Wasserextract mit Salzen	1,05	—		—	—	—	
In Wasser lösliche Salze	—	0,75	—	1,12	69,53	3,38	—
In Wasser unlösliche Salze	—	0,33	—				—
Wasser	77,17	69,31	78,0	73,58	—	—	60,00

1) Das Eiweiß der Muskeln war mit Hämatin verunreinigt.

2) Abgesehen davon, daß diese unlösliche eiweißartige Substanz für die verschiedenen hier genannten Theile ein ziemlich schwankender Begriff ist, war sie natürlich in den Muskeln mit Faserstoff des Blutes, elastischen Fasern und Epithelium der Gefäße und in der mittleren Haut der Carotis mit elastischen Fasern vermischt, während sie bei der Leber wohl größtentheils durch die Leberzellen gebildet wurde.

Die Aschen-Analysen mögen durch folgende Beispiele vertreten werden, von welchen die vier ersteren der neuesten Zeit angehören.

In 100 Theil. Asche.	Ochsenmuskeln. Stölzel.	Pferdemuskeln. R. Weber.	Kalbsleber. von Bibra.	Menschenknochen. Heintz.	Menschenknorpel. Fromherz und Guggert.
Kali	35,94	34,45	—	—	—
Chlorkalium . .	10,22	—	—	—	—
Natron . . .	— [1]	6,08	—	—	—
Chlornatrium .	—	7,21	Spuren	—	8,2
Kalk	1,73	2,33	—	—	—
Bittererde . .	3,31	3,46	—	—	—
Eisenoxyd . .	0,98	0,98	—	—	0,9
Phosphorsäure .	34,36	45,21	—	—	—
Schwefelsäure .	3,37	—	—	—	—
Kieselerde . .	2,07	—	—	—	—
Kohlensäure .	8,02	—	—	—	—
Phosphorsaures Alkali . . .	—	—	72,3	—	0,9 [2]
Schwefels. Alkali	—	—	1,0	—	25,3 [2]
Kohlens. Natron	—	—	—	—	35,1
Phosphors. Kalk	—	—	—	85,62	4,1
Phosphors. Bittererde . .	—	—	—	1,75	6,9
Phosphors. Erden und Eisen .	—	—	26,7	—	—
Kohlensaurer Kalk	—	—	—	9,06	18,3
Fluorcalcium .	—	—	—	3,57	—

Bei der oberflächlichsten Betrachtung dieser Zahlen muß es einleuchten, daß die Muskeln ohne Kali und Bittererde, die Knorpel ohne Natron, die Knochen ohne phosphorsauren und kohlensauren Kalk nicht bestehen können. Wenn sich nun in demselben Sinne Fluorcalcium zu Knochen und Zähnen, schwefelsaures Natron zu den Knochen

1) Stölzel fand in der Ochsenfleischasche gar kein Natron, Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXXVII, S. 261.

2) Das phosphorsaure Alkali war phosphorsaures Natron und die 25,3 schwefelsaures Alkali bestanden aus 24,2 schwefelsaurem Natron und 1,2 schwefelsaurem Kali.

der Amphibien, kohlenſaurer Kalk zu dem Hautſkelett und den Schaalen vieler Wirbelloſen, phosphorſaure Bittererde zu den Zähnen der Dickhäuter, Eiſen und namentlich Kieſelerde zu den Hornſtoffen als Gewebebildner verhalten, ſo iſt es offenbar, daß ein nothwendiges Geſetz der Verwandtſchaft die einzelnen organiſchen Körper mit beſtimmten Mineralbeſtandtheilen zu Geweben verbindet. Hier, wie im Pflanzenreich, müſſen alſo die anorganiſchen Gewebebildner ein für allemal der Vernachläſſigung entzogen bleiben, welche ſie bis vor Kurzem gedrückt hat, weil man in der Aſche nichts ſah als einen zufälligen Anhang der organiſchen Grundlage der einzelnen Gewebe. Von dem erſten Augenblick an, in welchem feſte Formbeſtandtheile im Thierkörper ſich entwickeln, im Blut, ſehen wir eine Scheidung der anorganiſchen Stoffe auftreten. Schon in dem Blut waltet die Verwandtſchaft der Blutkörperchen und der in der Blutflüſſigkeit gelöſten organiſchen Stoffe über die Vertheilung der Salze. Und dieſe von C. Schmidt hervorgehobene, von R. Weber erſt kürzlich am Pferdeblut beſtätigte Thatſache [1]) wiederholt ſich in allen feſten Theilen des Thierleibs.

§. 17.

Wenn wir aus der Zuſammenſetzung der Durchſchwitzungen auf die Miſchung des Nahrungsſafts überhaupt zurückſchließen dürfen, ſo muß das Blut in Folge der Ernährung verhältnißmäßig am meiſten im Gehalt an Salzen und an Waſſer verarmen, weil die Salze und das Waſſer eine größere Austrittsgeſchwindigkeit beſitzen als Eiweiß, Fett und Faſerſtoff, unter welchen der letztgenannte am langſamſten durchſchwitzt.

Wegen der Stetigkeit jener Veränderung des Bluts durch die Gewebebildung iſt es bisher im regelmäßigen Zuſtande des Körpers nicht gelungen die einzelnen Verhältniſſe genauer zu verfolgen. Nur für das Waſſer und den Faſerſtoff hat Zimmermann eine Beobachtung gemacht, die vollkommen zu der obigen Vorausſetzung ſtimmt.

---

1) R. Weber, in Poggendorff's Annalen, Bd. LXXXI, S. 106, 113.

Zimmermann fand nämlich in den Adern der hinteren Gliedmaſſen weniger Waſſer und mehr Faſerſtoff im Blut als in den Adern der vorderen Glieder. Je weiter die Adern vom Herzen entfernt ſind, deſto länger iſt das Waſſer mit größerer Schnelligkeit durch die Haargefäße hindurchgetreten als der Faſerſtoff. Folglich nimmt der Faſerſtoff im Verhältniß zum Waſſer zu. Nur ſo läßt es ſich erklären, daß nach Naſſe, Andral und Gavarret die Menge des Faſerſtoffs und nach Naſſe außerdem das Eiweiß zunimmt im Blut von Thieren, die hungern ohne Waſſer aufzunehmen, während ſich bei der Aufnahme von Getränken im Gegentheil die Menge der Eiweißkörper vermindert. Dadurch muß ſich der Widerſpruch löſen, daß Collard de Martigny bei faſtenden Thieren eine Abnahme des Faſerſtoffs beobachtet hat.

Collard de Martigny hat aber auch eine Verminderung des Faſerſtoffs wahrgenommen, während noch eine Vermehrung der Blutkörperchen und des Eiweißes ſtattfand. Offenbar iſt hier nächſt der Aufnahme von Waſſer als Getränk die Zeit des Faſtens von dem größten Einfluß. Die organiſchen Beſtandtheile werden durch den eingeathmeten Sauerſtoff verbrannt, der höher oxydirte Faſerſtoff wahrſcheinlich raſcher als das Eiweiß. Bei langer Dauer der Inanitiation müſſen deshalb die Eiweißkörper und die Fette des Bluts ſelbſt dann, wenn nicht getrunken wird, abnehmen. Fröſche, die lange genug gehungert haben, führen nach Joh. Müller keinen Faſerſtoff im Blut, und auch Naſſe hat die Beobachtung gemacht, daß Blut von Thieren nach langem Faſten ſeine Gerinnungsfähigkeit einbüßt [1]). Der Untergang der Blutkörperchen iſt eine Folge derſelben Urſache. Darum wird das Blut bei längerem Hungern reicher an Waſſer und an Salzen, während alle organiſche Beſtandtheile eine Abnahme erleiden.

Daß die Gewebe trotz dem Ausſchwitzen eines Nahrungsſaftes, der verdünnter iſt als das Blut, das Blut an Dichtigkeit übertreffen, iſt hier, wie bei den Pflanzen, Folge der unabläſſigen Verdunſtung, die von der Oberfläche des Körpers ſtattfindet, und der thätigen

1) Naſſe, Art. Blut in R. Wagner's Handwörterbuch, S. 216.

Wasserausscheidung, welche durch Lungen und Nieren bewirkt wird. Angesichts der Veränderungen, welche das Blut durch Absonderungen und Ausscheidungen erleidet, ist es bei unserer geringen Kenntniß vom Nahrungssaft selbst äußerst schwer zu entscheiden, wie viel in der Veränderung des Bluts der Ernährung, wie viel der Absonderung und Ausscheidung anheimfällt. Allein die wenigen Beobachtungen, die ich hier verwenden konnte, eröffnen den Blick auf ein weites, vielversprechendes Feld, dessen Bearbeitung rüstige Kräfte übernehmen. Und die Wirkungen der Ausscheidung und der Ernährung liegen minder weit aus einander als es auf den ersten Blick uns scheinen könnte, da die Ernährung selbst im mathematischen Sinne als eine Function der Ausscheidung betrachtet werden darf.

Kap. II.

Die Absonderungen.

§. 1.

Während die Gewebe im engeren Sinne als Träger der den Thieren eigenthümlichen Verrichtungen betrachtet werden können, haben wir es in den Absonderungen mit mehr oder weniger zähen, bisweilen sehr verdünnten Flüssigkeiten zu thun, deren Verrichtung man deshalb mit den Lebensäusserungen der Pflanzen verglichen hat, weil sie zum Theil die Fortpflanzung, zum Theil die Verarbeitung der Nahrungsstoffe bewirken. Ich werde hier wie anderwärts die Eintheilung befolgen, daß ich nach einander die Absonderungen behandle, welche die Erhaltung der Gattung, und diejenigen, welche die Erhaltung des Einzelwesens bedingen. Als Anhang sollen einige besondere, wirbellosen Thieren eigenthümliche Absonderungen zur Sprache kommen und endlich der Schleim.

Das Ei.

§. 2.

Bei den Vögeln, deren Ei am besten untersucht ist, besteht dasselbe aus einem Dotter, der von einer besonderen, in der Regel ziemlich mächtigen Eiweißschichte umgeben ist. Während eine solche Eiweißschichte auch den Dotter des Kanincheneis im Eileiter umgiebt, fehlt sie dem Ei des Hundes (Bischoff), der Fische und wenigstens der großen Mehrzahl der Wirbellosen.

Wo Dotter und Eiweiß vorhanden sind, zeigen beide eine schwach alkalische Beschaffenheit.

In beiden, im Dotter ſowohl wie im Eiweiß, iſt eine eiweißartige Verbindung der wichtigſte Beſtandtheil.

Das Eiweiß der Hühnereier ſtimmt in ſeinen Eigenſchaften durchaus mit dem Eiweiß des Bluts überein und weicht in der Zuſammenſetzung nur ab durch ſeinen größeren Schwefelgehalt. Mulder fand in dem Hühnereiweiß bei ſeinen neueſten Beſtimmungen 1,6, Rüling 1,75 Procent Schwefel. Ein Theil des Eiweißes iſt an Natron gebunden, und da ſich das Natronalbuminat bei einem reichlichen Waſſerzuſatz in ein lösliches alkaliſches und ein unlösliches ſaures Albuminat zerlegt, ſo entſteht hierdurch in dem Eiweiß der Hühnereier eine Trübung.

Schon vor dem Zuſatz des Waſſers iſt ein Theil des Hühnereiweißes ungelöſt, zum Theil aus den Chalazen, zum Theil aus den Häutchen beſtehend, welche zellenartig das lösliche Eiweiß umſchließen. Die eiweißartige Verbindung, welche dieſe Häute darſtellt, iſt bisher keiner genaueren Analyſe unterworfen worden.

Für den Dotter wird von Dumas, Gobley und E. H. von Baumhauer ein beſonderer Eiweißkörper beſchrieben, der unter dem Namen Vitellin oder Dotterſtoff bekannt iſt. Hinſichtlich der Zuſammenſetzung ſchließt ſich der Dotterſtoff nach Gobley's und von Baumhauer's Analyſen an Mulder's ſogenanntes Proteinprotoxyd; Gobley ſchreibt ihm Schwefel und Phosphor zu, von Baumhauer bloß Schwefel. Die Menge des Schwefels beträgt nach Gobley 1,17 Procent.

Außer den allgemeinen Eigenſchaften der eiweißartigen Körper beſitzt der Dotterſtoff mehre Merkmale des Eiweißes. In der urſprünglichen wäſſerigen Löſung erzeugen nämlich organiſche Säuren und gewöhnliche Phosphorſäure keinen Niederſchlag und bei einer Wärme von 73—76° gerinnt die Flüſſigkeit. Dagegen ſoll ſich der Dotterſtoff vom Eiweiß unterſcheiden, inſofern er durch Blei- und Kupferſalze nicht gefällt wird [1]).

Von Baumhauer hat den Dotterſtoff dargeſtellt, indem er den mit Waſſer, Alkohol und Aether ausgekochten Dotter in Eſſigſäure auflöſte, mit kohlenſaurem Ammoniak wieder aus der Löſung

1) Vgl. Lehmann, a. a. O. Bd. I, S. 373.

fällte und auswusch. Den so erhaltenen Körper fand er in kaltem und kochendem Wasser beinahe ganz unlöslich und vollkommen unlöslich, wenn das Wasser mit etwas Essigsäure angesäuert war. In starker Essigsäure quillt der Dotterstoff auf und nach längerem Kochen wird er in derselben vollständig gelöst [1]).

Neuerdings erklärt Lehmann das Vitellin für ein Gemenge von Eiweiß und Käsestoff. Dieser Forscher, der sich um die genauere Bestimmung des Käsestoffs wesentlich verdient gemacht hat, fand die dunkleren Körnchen des Dotters mit allen Eigenschaften des alkalifreien Käsestoffs versehen, während in der Flüssigkeit des Dotters ein alkaliarmes Eiweiß gelöst war, das bei starker Verdünnung mit Wasser, ebenso wie das Natronalbuminat des Eiweißes oder des Blutserums, eine Trübung zeigte [2]). Wenn der Hauptstoff des Dotters wirklich Käsestoff ist, so wird dadurch erklärt, weshalb von Baumhauer in dem Vitellin keinen Phosphor vorfand. Lehmann's Angaben würden für mich volle Ueberzeugungskraft besitzen, wenn nicht der höhere Sauerstoffgehalt, in welchem Gobley und von Baumhauer übereinstimmen, sowohl gegen Käsestoff, wie gegen Eiweiß spräche.

Die Fette des Dotters des Hühnereies sind Elain und Margarin, zu denen sich nach Gobley die phosphorhaltigen Fettstoffe des Hirns, Cerebrin und Lecithin, gesellen (vgl. oben S. 382, 383). Die phosphorhaltigen Fette finden sich nach Lehmann vorzugsweise in den Dotterkugeln. Kodweiß wollte auch Stearin im Dotter des Hühnereis gefunden haben, eine Angabe, der Gobley aufs Bestimmteste widerspricht [3]). Dagegen kommen nach C. Schmidt und Vogt im Dotter der Frösche und der Geburtshelferkröte deutliche Stearinkrystalle vor. Die Angaben von Lecanu und Gobley, daß der Dotter Cholesterin enthält, muß ich dem Zweifel Lehmann's entgegen entschieden bestätigen.

In Folge der Zersetzung des Lecithins bildet sich im Dotter

---

1) Von Baumhauer in Mulder's Scheikundige onderzoekingen, Deel III, p. 284, 288.

2) Lehmann, a. a. O. Bd. II, S. 349, 350.

3) Journal de pharm. et de chim. 3e sér. T. XVIII, p. 119.

nach Gobley Margarinſäure, Oelſäure und phosphorglycerinſaures Ammoniak.

Obgleich das Eiweiß der Hühnereier weit weniger Fett enthält als der Dotter, ſind doch auch hier Oelſtoff und Perlmutterfett, ölſaures und perlmutterfettſaures Natron vertreten. In dem Eiweiß von Eiern, welche drei bis ſechs Tage lang bebrütet waren, hat Lehmann öfters, jedoch nicht beſtändig Büſchel feiner Margarinnadeln beobachtet [1]).

Auch die Fettbildner fehlen nicht in den Eiern. Barreswil [2]) und Winkler fanden Milchzucker im Eiweiß und nach Lehmann iſt Zucker beſtändig ſowohl im Dotter, wie im Eiweiß vorhanden. Für die Karpfeneier hat Gobley neuerdings durch Elementaranalyſe die Anweſenheit von Milchſäure nachgewieſen [3]).

Sowohl in den Hühnereiern, wie in den Karpfeneiern finden ſich zwei in kaltem Alkohol lösliche Farbſtoffe, von denen einer in Aether ſchwerer löslich, roth und eiſenhaltig, der andere eiſenfrei, gelb und in Aether leichter löslich iſt. Nach Lehmann gehören dieſe Farbſtoffe, ebenſo wie die phosphorhaltigen Fette, vorzugsweiſe den Dotterkugeln an.

Die anorganiſchen Beſtandtheile des Eis ſind dieſelben, die oben beim Blut aufgezählt wurden. Für dieſe Salze und Chlorverbindungen findet hier eine ganz ähnliche Scheidung ſtatt, wie ſie im Blut an den Körperchen und der Flüſſigkeit beobachtet worden. Während im Dotter, wie in den Blutkörperchen, Kali und Phosphorſäure vorherrſchen, ſind Natron, Chlor, Schwefelſäure und Kohlenſäure, wie im Blutſerum, vorwiegend im Eiweiß vertreten. Die Erden, unter denen der Kalk die Bittererde übertrifft, und das Eiſenoxyd ſind reichlicher im Dotter vorhanden, Kieſelerde dagegen im Dotter, wie im Eiweiß, in ziemlich gleicher Menge (Poleck, Weber) [4]).

Chatin berichtet neuerdings, daß die Eier — nicht etwa die Schaale — einen anſehnlichen Jodgehalt führen. Ich habe kürzlich in dem Eiweiß eines Hühnereis Kupfer gefunden, das, nach quali-

1) Lehmann, a. a. O. Bd. I, S. 254.

2) Comptes rendus, XXVIII, p. 761.

3) Journ. de pharm. et de chim. 3e série. T. XVIII, p. 116 (1850).

4) Erdmann und Marchand, Journal, Bd. XLVIII, S. 60.

tativer Prüfung zu urtheilen, hauptſächlich in der Schaalenhaut vorhanden war; in anderen Eiern zeigte ſich das Kupfer nicht. Es war alſo nur ein zufälliger Beſtandtheil, was ich hauptſächlich deshalb mittheile, weil man dem Auftreten des Kupfers im Thierleib in neuerer Zeit hin und wieder eine allzu große Wichtigkeit beigelegt hat.

Die Schaale der Vogeleier enthält vorzugsweiſe kohlenſauren und phosphorſauren Kalk und kohlenſaure Bittererde, nebenher aber auch Chloralkalimetalle und ſchwefelſaure Alkalien. Die ſchwarzen Flecken der Schaalen der Kiebitzeier rühren nach John von Eiſen her.

In der Luft, welche ſich nach dem Legen der Vogeleier zwiſchen den beiden Blättern der Schaalenhaut anſammelt, iſt nach Griepenkerl und Wöhler weniger Sauerſtoff enthalten als in der atmoſphäriſchen Luft, während Biſchoff und Dulk früher das Gegentheil gefunden haben wollten. In neuerer Zeit ward jedoch die Angabe von Biſchoff und Dulk durch die Unterſuchungen von Baudrimont und Martin St. Ange beſtätigt.

Für den Dotter des Hühnereis und die nur aus Dotter beſtehenden Eier des Karpfens verdanken wir Gobley die folgenden Zahlen [1]):

In 100 Theilen	Dotter des Hühnereis.	Karpfeneier.
Vitellin	15,76	14,08 [2])
Margarin und Elain	21,30	2,57
Choleſterin	0,44	0,27
Lecithin	8,43	3,04
Cerebrin	0,30	0,20
Chlorammonium	0,03	0,04
Chlornatrium und Chlorkalium	0,28	0,45
Schwefelſaures Kali		
Phosphorſaures Kali	—	0,04
Phosphorſaurer Kalk und phosphorſaure Bittererde	1,02	0,29
Alkoholextract	0,40	0,39
Häute	—	14,53
Farbſtoff, Spuren von Eiſen u. ſ. w.	0,55	0,03
Waſſer	51,49	64,08

1) Journ. de pharm. et de chim. 3e série, T. XVIII. p. 118, 119.

2) Gobley nennt den Eiweißkörper der Karpfeneier Paravitellin, indem er ohne hinlänglichen Grund eine neue eiweißartige Verbindung für dieſelben annimmt.

Die Menge des Dotters in einem Hühnerei beträgt nach Lehmann durchschnittlich 15,54 Gramm., nach Poleck 14,75 Gramm, die Menge des Eiweißes nach Lehmann 23,01, nach Poleck 24,8 Gramm.

Aus folgender Tabelle ergiebt sich das Verhältniß der anorganischen Bestandtheile in Dotter und Eiweiß:

In 100 Theilen der Asche	Eidotter.		Eiweiß.	
	Poleck [1]).	Weber [1]).	Poleck [1]).	Weber [1]).
Kali	8,93	10,90	2,36	27,66
Natron	5,12	1,08	23,04	12,09
Chlorkalium . .	—	—	41,29	—
Chlornatrium . .	—	9,12	9,16	39,30
Kalk	12,21	13,62	1,74	2,90
Bittererde . . .	2,07	2,20	1,60	2,70
Eisenoxyd . . .	1,45	2,30	0,44	0,54
Phosphorsäure .	63,81	60,16	4,83	3,16
Phosphorsäurehydrat	5,72	—	—	—
Schwefelsäure . .	—	—	2,63	1,70
Kieselsäure . . .	0,55	0,62	0,49	0,28
Kohlensäure . .	—	—	11,60	9,67

In 100 Theilen Eiweiß fand Poleck 0,65, Weber 0,71, in 100 Theilen Dotter Poleck 1,52, Weber 1,34 an anorganischen Stoffen.

Während der Bebrütung nehmen die Eier der Vögel, der Natter, der Eidechse, der Gartenschnecke Sauerstoff auf, wogegen sie Kohlensäure, Stickstoff und eine nicht näher bestimmte Schwefelverbindung aushauchen. In Folge dessen werden die Eiweißkörper ärmer an Schwefel. Ein großer Theil des Fetts verschwindet. Das ganze Ei wird leichter (Baudrimont und Martin St. Ange) [2]).

1) Poggendorff's Annalen, Bd. LXXIX, S. 161, 416, 159 und 407.

2) Ann. de chim. et de phys. T. XXI.

Der Samen.

§. 3.

Eine zähe, obwohl dem Ei an Dichtigkeit nachstehende, eigenthümlich knoblauchartig riechende Flüssigkeit bildet den Samen, der das Ei befruchtet.

Auch im Samen ist eine eiweißartige Verbindung der wichtigste Bestandtheil. Nach Lehmann enthält der Samen immer etwas Natronalbuminat.

Vauquelin hat unter dem Namen Spermatin einen dem Samen eigenthümlichen Körper beschrieben, der aus der wässerigen Lösung beim Kochen nicht gerinnt, mit Salpetersäure und Ammoniak Fourcroy's gelbe Säure bildet und nach der Gerinnung in Alkohol zwar in warmer Kalilauge gelöst, jedoch durch Essigsäure nicht aus der Lösung niedergeschlagen wird. Die letztere Eigenschaft läßt vermuthen, daß man es hier mit einem von den Eiweißstoffen abgeleiteten Körper zu thun hat.

Die Köpfe der Spermatozoiden des Menschen nehmen nach meiner Beobachtung durch Salpetersäure und Ammoniak eine gelbe Färbung an. Weil diese jedoch dem Spermatin sowohl wie dem Natronalbuminat zukommt, so läßt sich nicht entscheiden, mit welcher Verbindung wir es in den Spermatozoiden zu thun haben.

Natronalbuminat und Spermatin erklären beide die Eigenthümlichkeit des Samens, daß er beim Kochen nicht merklich getrübt wird.

Die Salze des Bluts finden sich im Samen wieder, in der reichlichsten Menge jedoch phosphorsaure Bittererde und phosphorsaurer Kalk [1]). In dem Samen von Thieren hat man Chlormagnesium nachgewiesen. Wenn man bedenkt, wie häufig die Haare ausfallen in Folge geschlechtlicher Ausschweifungen, so möchte man das von van Laer auch in den Haaren beobachtete Chlormagnesium für einen nothwendigen Gewebebildner in denselben halten.

Zur Beurtheilung der Mengenverhältnisse der Bestandtheile des Samens sind wir immer noch auf die nachstehende Analyse Vauquelin's beschränkt:

---

1) Lehmann, a. a. O. Bd. II, S. 343.

Spermatin . . .	6	Procent
Phosphorsaurer Kalk	3	„
Natron	1	„
Waſſer	90	„ .

Abgeſehen von der geringen Menge, in welcher der Samen gewonnen werden kann, wird die Erforſchung deſſelben beſonders erſchwert durch die Vermiſchung der Abſonderung der Hoden mit den Flüſſigkeiten der Vorſteherdrüſe, der Samenblaſe, der Cowperſchen Drüſen und dem Schleim der Harnwege. Wir werden uns deshalb noch lange mit der ſehr allgemein gehaltenen Thatſache begnügen müſſen, daß der Samen einen aus einer eiweißähnlichen Verbindung beſtehenden Formbeſtandtheil ſchwebend in einer Flüſſigkeit enthält, in welcher ein Eiweißkörper mit phosphorſaurem Kalk und phosphorſaurer Bittererde gelöſt iſt.

Die Milch.

§. 4.

Nur deshalb iſt die Milch ſo vortrefflich geeignet das alleinige Nahrungsmittel des Neugeborenen zu bilden, weil in ihr die Eiweißkörper durch den Käſeſtoff, die Fette durch die Butter, die Fettbildner durch den Milchzucker und außerdem die wichtigſten Blutſalze vertreten ſind.

Die Zuſammenſetzung und die Eigenſchaften des Käſeſtoffs wurden oben beim Blut beſchrieben. In der Milch iſt derſelbe an Kali, zum Theil an Natron gebunden. Die größere Hälfte iſt in der Milch gelöſt, während ein anderer Theil im ungelöſten Zuſtande das Fett der Milchkörperchen umgiebt. Daß dieſe Hülle wirklich beſteht, davon habe ich mich durch zahlreiche Beobachtungen überzeugt.

Weil der Käſeſtoff am reichlichſten in der Milch enthalten iſt, ſo wählt man auch die Milch zur Darſtellung. Zu dem Ende wird die Milch erſt abgerahmt, dann mit Eſſigſäure gekocht, das Gerinnſel mit Waſſer ausgepreßt und endlich durch ſiedenden Alkohol vom Fett gereinigt. Dieſe Reinigung iſt ziemlich mühſam, da das Fett dem Käſeſtoff außerordentlich hartnäckig anhängt. Nach Bopp kann man ohne Anwendung von Alkohol und Aether beliebige Mengen von

faſt fettfreiem Käſeſtoff gewinnen, wenn man die Milch mit Salzſäure fällt, den Niederſchlag in kohlenſaurem Natron löſt, und nun wieder durch Salzſäure niederſchlägt. Den ausgewaſchenen Niederſchlag rührt man mit Waſſer an; dann löſt ſich derſelbe nach einiger Zeit bei einer Wärme von 40°, und der in der Löſung enthaltene ſalzſaure Käſeſtoff wird ſchließlich durch kohlenſaures Natron zerlegt und gefällt [1]).

In der ausgebildeten Milch, wie ſie einige Tage nach der Geburt abgeſondert wird, iſt außer dem Käſeſtoff kein anderer Eiweißkörper vorhanden. Schon vor längerer Zeit hat jedoch Simon in dem Coloſtrum, das ſich vierzehn Tage vor dem Werfen in den Eutern einer Eſelin anſammelte, eine reichliche Menge Eiweiß beobachtet, und Laſſaigne erhielt aus den Eutern einer Kuh, die erſt nach 41 Tagen warf, eine Flüſſigkeit, welche nur Eiweiß und keinen Käſeſtoff führte. Ich ſelbſt habe in dem Coloſtrum von Kühen vor dem Werfen und in den erſten Tagen nach der Geburt der Kälber viel Eiweiß und wenig Käſeſtoff gefunden. Das Verhältniß kehrt ſich ſehr bald um; trotzdem habe ich bei Kühen noch am zwölften Tag nach dem Werfen Spuren von Eiweiß wahrgenommen.

Unter den Fetten der Butter ſind Margarin und Elain vorzugsweiſe vertreten, da Bromeis in 100 Theilen Butter 68 Procent Margarin und 30 Elain gefunden hat. Die übrigen 2 Procent geben beim Verſeifen Butterſäure und drei andere flüchtige Säuren, Caprinſäure, Caprylſäure und Capronſäure, denen wir früher ſchon wiederholt begegneten; dieſelben ſollen hier genauer beſchrieben werden.

Die Caprinſäure, $C^{20}\,H^{19}\,O^3 + HO$ nach Lerch, bildet glänzende Kryſtallflimmer, die ſich fettig anfühlen, bei 30° unter Entwicklung eines leichten Bocksgeruchs ſchmelzen und in Waſſer wenig, dagegen leicht in Alkohol und Aether löslich ſind. Ihr Siedepunkt liegt zwiſchen 236 und 300°.

Die Caprylſäure, $C^{16}\,H^{15}\,O^3 + HO$ nach Lerch, iſt bei gewöhnlichen Wärmegraden halbflüſſig, läßt ſich unter 10° in Nadeln kryſtalliſiren, riecht nach Schweiß und ſtimmt in den Löslichkeitsverhältniſſen mit der Caprinſäure überein. Sie ſiedet bei 236°. Che-

1) Bopp, in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXIX, S. 19. Vgl. oben S. 241, 242, über die zuſammengeſetzte Natur des Käſeſtoffs.

vreul hat ſchon vor mehren Jahren ein Gemenge der Caprinſäure und der Caprylſäure als Caprinſäure beſchrieben.

Die Capronſäure, $C^{12} H^{11} O^3 + HO$ nach Lerch, welche Chevreul bei ſeinen klaſſiſchen Arbeiten über die Fette entdeckt hat, iſt ſelbſt bei — 9° noch flüſſig, riecht nach Schweiß und nach Eſſigſäure, löſt ſich in Waſſer leichter als die beiden vorhergehenden Säuren, ſehr leicht in Alkohol, dagegen ziemlich ſchwer in Aether. Nach Brazier und Goßleth ſiedet ſie bei 198°[1]), nach einer früheren Angabe Fehling's bei 202°.

In dem trockenen Sommer des Jahres 1842, in welchem die zur Unterſuchung dienenden Kühe beinahe nur Stroh erhielten, fand Lerch ſtatt der Butterſäure und der Capronſäure eine fünfte flüchtige Säure, die Vaccinſäure. Dieſe Säure oxydirte ſich leicht, reducirte z. B. ſalpeterſaures Silberoxyd und zerfiel dann in Butterſäure und Capronſäure.

Die Alkaliſalze dieſer flüchtigen Säuren ſind in Waſſer löslich. Dagegen wird das Barytſalz der Caprinſäure und der Caprylſäure nur ſchwer, das der Butterſäure, der Capronſäure und der Vaccinſäure leicht in Waſſer gelöſt.

Auf dem verſchiedenen Verhalten der Barytſalze beruht die Darſtellung dieſer Säuren. Die Seifen der Butter werden durch eine verdünnte Säure zerſetzt, deſtillirt und die übergegangene Flüſſigkeit mit Baryt geſättigt und getrocknet. Behandelt man dieſes Gemenge von Barytſalzen mit 5—6 Gewichtstheilen Waſſer, dann werden der butterſaure und der capronſaure oder der ſtatt dieſer vorhandene vaccinſaure Baryt gelöſt, während der caprinſaure und der caprylſaure ungelöſt zurückbleiben. Beim Kryſtalliſiren der Löſung ſcheiden ſich zuerſt feine, ſeidenglänzende Nadeln von capronſaurem Baryt aus, und der butterſaure Baryt bleibt in der Mutterlauge, aus welcher er durch Eindampfen in warzenförmigen Gruppen fettglänzender Prismen erhalten werden kann. Wenn in der Butter die Capronſäure und die Butterſäure durch Vaccinſäure vertreten waren, dann erhält man aus dem löslichen Theil der Barytſalze nußgroße Druſen kleiner Kryſtalle, die aus vaccinſaurem Baryt beſtehen. — Der ſchwerlösliche Theil der Barytſalze enthält den vaccinſauren und den caprylſ-

1) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXXV. S. 254.

sauren Baryt. Dieſe werden in kochendheißem Waſſer gelöſt und filtrirt. Dann wird erſt der caprinſaure Baryt in feinen fettglänzenden Schuppen ausgeſchieden, und aus der Mutterlauge kryſtalliſiren mohngroße Körner caprylſauren Baryts.

Die durch Umkryſtalliſiren gereinigten Barytſalze werden durch Salzſäure zerlegt und die Säuren entwäſſert, indem man ſie über Chlorcalcium deſtillirt (Lerch) [1]).

Zu dieſen Fetten geſellt ſich nun im Milchzucker ein Fettbildner in beträchtlicher Menge. Der Milchzucker, $C^{12} H^{12} O^{12}$ nach der Analyſe von Berzelius, iſt dem waſſerfreien Traubenzucker miſomer und kryſtalliſirt in vierſeitigen Prismen oder Rhomboëdern. Dieſe Zuckerart ſchmeckt viel weniger ſüß als Rohrzucker und Traubenzucker. In kaltem Waſſer wird der Milchzucker ziemlich langſam gelöſt, leicht in kochendem Waſſer, wenig in kochendem, waſſerhaltigem, dagegen gar nicht in abſolutem Alkohol oder in Aether. Die wäſſerige Löſung lenkt den polariſirten Lichtſtrahl nach rechts.

Vom Traubenzucker unterſcheidet ſich der Milchzucker, inſofern er nicht gährungsfähig iſt. Er läßt ſich jedoch durch verdünnte Mineralſäuren und durch Hefe in Traubenzucker verwandeln, ſo daß er mittelbar, wenn auch ſehr langſam, die weinige Gährung erleiden kann (Schill, Heß). In ſeinem Verhalten zu Kupferoxydſalzen iſt der Milchzucker ausgezeichnet durch die Schnelligkeit, mit welcher er dieſelben reducirt.

Zur Darſtellung des Milchzuckers empfiehlt Lehmann nach Haidlen fünf Gewichtstheile Milch mit Einem Theil Gyps zu kochen, die vom geronnenen Käſeſtoff abfiltrirte Flüſſigkeit abzudampfen, den trocknen Rückſtand zur Entfernung des Fetts mit Aether auszuziehen und endlich mit Alkohol auszukochen. Aus der alkoholiſchen Löſung kryſtalliſirt reiner Milchzucker.

Unter Einwirkung des Käſeſtoffs kann ſich der Milchzucker in Milchſäure verwandeln. In Folge dieſer Umſetzung wird die Milch, die im friſchen Zuſtande bei der Frau und bei unſern pflanzenfreſſenden Hausthieren keine Milchſäure enthält und alkaliſch reagirt, ſauer. Und da der Käſeſtoff, wie Scherer zuerſt lehrte, nur durch das Al-

1) Lerch in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. XLIX, S. 214, 215, 223.

kali, mit dem er verbunden iſt, in der Milch gelöſt erhalten wird, ſo bewirkt die Milchſäurebildung, daß die Milch gerinnt, indem ſie das Alkali des Käſeſtoffs ſättigt. Wie alle Gährungserſcheinungen, ſo wird auch die Umwandlung des Milchzuckers in Milchſäure durch eine mäßige Wärme befördert.

Indem nun die Milch eine beträchtliche Menge Milchzucker enthält, iſt ſie auch die ergiebigſte Quelle zur Darſtellung von Milchſäure. Zu dem Ende verſetzt man nach Wöhler ſaure Molken mit feinen Eiſenfeilſpähnen oder mit Zink. Dann bildet ſich unter Entwicklung von Waſſerſtoff milchſaures Eiſenoxydul oder milchſaures Zinkoxyd, deren Menge man beliebig vermehren kann, wenn man von Zeit zu Zeit aufs Neue Milchzucker zuſetzt. Der Käſeſtoff büßt nämlich ſeine Wirkſamkeit nur dann ein, wenn ihm die Säure ſein Alkali entzieht und er in Folge deſſen gerinnt. Weil dies nun durch das Eiſenoxydul oder durch das Zinkoxyd verhütet wird, ſo kann man faſt beliebige Mengen des einen oder des anderen milchſauren Salzes gewinnen. Dieſes wird ſiedendheiß gelöſt, filtrirt, umkryſtalliſirt, dann wieder gelöſt und durch Schwefelwaſſerſtoff zerſetzt. Darauf wird die Löſung der Milchſäure in der Wärme und im luftleeren Raum eingedampft bis zur Syrupsdicke.

Die wichtigſten Mineralbeſtandtheile der Milch ſind phosphorſaures Kali [1]), Chlorkalium und phosphorſaurer Kalk. Phosphorſäure und Kali ſind in der Milch ſogar reichlicher enthalten als in den Blutkörperchen. Außer dieſen anorganiſchen Stoffen finden ſich in der Milch noch Chlornatrium, kohlenſaures Alkali [2]), phosphorſaure Bittererde, phosphorſaures Eiſenoxyd und eine geringe Menge Kieſelerde. Somit kehren die wichtigſten Salze des Bluts, alſo zugleich diejenigen, welche für die Blutbildung des Säuglings die wichtigſten ſind, in der Milch wieder. Schwefelſaure Salze ſind jedoch nach Haidlen's ſorgfältiger Unterſuchung in der Milch nicht vorhanden [3]). Chatin

1) Vgl. Weber in Poggendorff's Annalen, Bd. LXXXI, S. 412. Nach Haidlen reicht dagegen die Phosphorſäure der Milch nur aus, um den Kalk und die Bittererde zu ſättigen. Vgl. Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. XLV.

2) Lehmann, a. a. O. Bd. II, S. 332.

3) Haidlen in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. XLV, S. 265.

hat in der neueſten Zeit in der Milch Jod entdeckt und zwar in der Milch der Eſelin mehr als in der Milch der Kuh[1]). Nach Wilſon enthält die Milch auch Fluor[2]). Die Milch führt endlich immer freie Gaſe, namentlich Kohlenſäure, und nicht ſelten in großer Menge.

Folgende Tabelle dient zur Vergleichung der Frauenmilch mit der Milch eines Pflanzenfreſſers und mit der eines Fleiſchfreſſers.

In 1000 Theilen der Milch.	Frauenmilch. Mittel aus 14 Analyſen, die zu verſchiedenen Zeiten bei einer Frau gemacht wurden. Simon.	Kuhmilch. Simon.	Milch einer Hündin nach achttägiger Fütterung mit Fleiſch. Benſch.
Käſeſtoff	34,3	68,0	102,4 [3])
Milchzucker	48,2	29,0	34,7 [3])
Butter	25,3	38,0	107,5
Aſche	2,3	6,1	—
Waſſer	883,6	861,0	755,4

1) Journal de pharm. et de chim. 3e sér. T. XVIII, p. 243.

2) Froriep's Notizen 1850, Nr. 215.

3) Mit dem Käſeſtoff blieben in der von Benſch ausgeführten Analyſe die in Waſſer unlöslichen, mit dem Milchzucker die in Waſſer löslichen Salze verbunden. Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXI, S. 223.

Die Mengenverhältniſſe der Aſchenbeſtandtheile der Kuhmilch erſieht man aus folgenden Zahlen:

In 100 Theilen Aſche.	Haidlen.	R. Weber [1]).
Chlorkalium	29,39	9,49
Chlornatrium	4,90	16,25
Kali	—	23,77
Natron	8,57	—
Phosphorſaurer Kalk . .	47,14	—
Phosphorſaure Bittererde .	8,57	—
Phosphorſaures Eiſenoxyd .	1,43	—
Kalk	—	17,31
Bittererde	—	1,90
Eiſenoxyd	—	0,33
Phosphorſäure	—	29,13
Schwefelſäure	—	1,15
Kieſelerde	—	0,09

Die von R. Weber in der Aſche gefundene Schwefelſäure iſt durch Verbrennung des Käſeſtoffs entſtanden.

Wenn man die Zahlen, welche Benſch für die Milch einer fleiſchfreſſenden Hündin erhalten hat, mit den Zahlen für die Milch von Pflanzenfreſſern vergleicht, dann fällt ſogleich an jener auf, daß ſie durch den Gehalt an Käſeſtoff und an Butter die Milch der Pflanzenfreſſer übertrifft, während ſie dieſer im Zuckergehalt nachſteht. Daß dieſer Unterſchied durch die Nahrung bedingt wird, läßt ſich nicht bezweifeln, da Thomſon durch Zahlen bewieſen hat, daß ſtickſtoffreiche Nahrung den Ertrag der Milch an Butter bei Kühen erhöht [2]).

Daß die Menge der Butter auch durch Fettbildner vermehrt wird, wenn dieſelben in richtiger Verbindung mit Eiweißſtoffen genoſſen werden, läßt ſich nach dem, was oben über die Fettbildung gelehrt wurde, nicht im Geringſten bezweifeln. Bisher fehlt es jedoch an Zahlen, welche dieſen Satz auch denen beweiſen könnten, die um des Zweifels Willen zweifeln.

1) Poggendorff's Annalen, Bd. LXXXI, S. 412.

2) Vgl. meine Phyſiologie der Nahrungsmittel, Darmſtadt 1850, S. 434, 441, 442 und 540—542.

Nach Bensch liefern die Fleischfresser eine saure Milch, deren saure Beschaffenheit höchst wahrscheinlich von saurem phosphorsaurem Kalk herrühre. Ich habe im Winter des Jahres 1849 auf 1850 das Colostrum und die Milch von Kühen, die im Stall eingesperrt waren, so häufig unmittelbar nach dem Melken, das in meiner Gegenwart geschah, stark sauer gefunden, daß es in der Lebensweise bestimmte Bedingungen geben muß, welche diese Säure erklären. Auch Lehmann giebt an, daß Kühe beim steten Aufenthalt im Stall Milchsäure durch die Milchdrüsen absondern, und ebenso, daß ihre Milch durch mageres, schlechtes Futter sauer wird [1]). So nahe es auch liegt, Vermuthungen über die Entstehung dieser Milchsäure aufzustellen, so müßig bleibt dies, bis das Futter selbst unter solchen Verhältnissen genauer untersucht ist. Die Thatsache der sauren Milch tritt jedoch so häufig auf, daß eine solche Untersuchung sich gewiß der Mühe verlohnen würde.

Entwicklung der Fortpflanzungsflüssigkeiten.

§. 5.

Die Zusammensetzung des Eis, des Samens und der Milch giebt uns unmittelbar Aufschluß über ihre Entstehung aus dem Blut. Eiweißartige Verbindungen, Fett und Blutsalze der Fortpflanzungsflüssigkeiten beweisen, daß es für die Hoden, den Eierstock und die Brustdrüse des Weibes und der weiblichen Säugethiere hauptsächlich einer endosmotischen Thätigkeit bedarf. Darum ist es so wichtig, daß der Käsestoff der Milch als solcher bereits im Blute vorhanden ist.

Das Eiweiß des Bluts muß, wie die neuesten Analysen beweisen, Schwefel aufnehmen, wenn es sich in das Eiweiß der Hühnereier verwandeln soll. Wo, wann und wie dieß geschieht, ist bisher nicht erforscht. Ja, man weiß nicht einmal, ob das Eiweiß des Hühnerbluts mit dem des Serums der Säugethiere im Schwefelgehalt übereinstimmt.

Möge endlich das Vitellin ein eigener Stoff sein, oder nicht, in jedem Falle brauchen die Eiweißkörper des Bluts nur eine sehr unbe-

---

1) Lehmann, a. a. O. Bd. I, S. 104. Bd. II, S. 332.

deutende Veränderung zu erleiden, um den Dotterstoff zu bilden. Nach den Analysen von Gobley und von Baumhauer stimmt der Dotterstoff im Sauerstoffgehalt, nach Gobley auch im Schwefelgehalt mit dem Faserstoff überein. Die neutralen Fette der Fortpflanzungsflüssigkeiten entstehen aus den entsprechenden Seifen des Bluts ganz ebenso wie die der Gewebe. Das Cholesterin des Eidotters braucht nur unverändert aus dem Blute durchzuschwitzen, vielleicht auch das phosphorhaltige Fett der Eier und das Butyrin der Milch. Von den neutralen Fetten der übrigen flüchtigen Fettsäuren der Milch ist bisher nur wahrscheinlich, daß sie aus Margarin und Elain entstehen. Wo es geschieht, weiß man nicht; wenn es aber geschieht, so kann es nur unter Aufnahme von Sauerstoff erfolgen. Es ist von den Fetten der Butter bekannt, daß sie sich außerordentlich leicht mit Sauerstoff verbinden, so leicht, daß man beim Trocknen der Milch, wenn man nicht rasch genug verfährt, häufig eine plötzliche Gewichtszunahme beobachtet, die auf einer Oxydation des Fetts beruht (Bensch) [1]).

Bei der großen Aehnlichkeit, die zwischen dem Traubenzucker, der im Blut vorkommt, und dem Milchzucker nicht nur hinsichtlich der Zusammensetzung, sondern auch in Betreff der Eigenschaften obwaltet, darf man es mindestens nicht unwahrscheinlich finden, daß der Traubenzucker schon im Blut in Milchzucker umgesetzt würde, zumal da der Traubenzucker diese Umwandlung unter dem Einfluß von hefenartigen Stoffen, wie sie in den Eiweißkörpern des Bluts gegeben sind, erleiden kann. Freilich ist der Milchzucker als solcher im Blut noch nicht mit Bestimmtheit erkannt. Bei der geringen Menge des Zuckers im Blut ist dieser jedoch schwerlich so erschöpfend geprüft, daß eine Verwechslung beider Zuckerarten, deren Eigenschaften beinahe nur gradweise verschieden sind, außer dem Bereich der Möglichkeit läge. Milchzucker gährt langsamer, reducirt dagegen Kupferoxydsalze mit größerer Schnelligkeit, und, was besonders hervorzuheben ist, er löst sich viel schwerer in Alkohol. Darum ist es eine dankenswerthe Angabe von Guillot und Leblanc, daß sie in dem alkoholischen Auszug des Bluts milchgebender Kühe keinen, in dem wässerigen Auszug aber wohl Zucker nachzuweisen vermochten [2]). Die Anwesenheit von Milch-

1) Bensch in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXI, S. 223.

2) Comptes rendus, T. XXXI, p. 587.

zucker im Blut ſtillender Frauen iſt alſo mindeſtens ſehr wahrſcheinlich.

Die regelmäßige Verwandtſchaft der organiſchen Grundlage zu anorganiſchen Beſtandtheilen giebt ſich auch in den Fortpflanzungsflüſſigkeiten kund. Eidotter und Milch enthalten vorherrſchend Kali, Kalk und Phosphorſäure, der Samen phosphorſaure Bittererde und phosphorſauren Kalk. Offenbar ſteht der Reichthum dieſer Abſonderungen an phosphorſaurem Kalk in naher Beziehung zu dem Gehalt derſelben an eiweißartigen Verbindungen. So findet man auch in der Kuhmilch zugleich den Käſeſtoff und den phosphorſauren Kalk erhöht [1]).

Der Speichel.

§. 6.

In der Mundflüſſigkeit kennt man ein Gemenge von Speichel und Schleim, das um ſo deutlicher alkaliſch iſt, je reichlicher die Abſonderung ſtatt findet. Dieſe wird aber namentlich vermehrt durch kräftige oder anhaltende Bewegungen des Unterkiefers, der Zunge, durch das Verlangen nach Speiſen, den Genuß derſelben und, wie Frerichs in ſeiner wichtigen Abhandlung über die Verdauung gelehrt hat [2]), durch die Anweſenheit von Speiſen, von Kochſalz (Bardeleben), von kohlenſauren Alkalien und Erden (Blondlot) im Magen.

Neben den Beſtandtheilen des Schleims, der erſt weiter unten beſchrieben werden ſoll, enthält die Mundflüſſigkeit als eigenthümlichſten Beſtandtheil einen organiſchen Körper, den Berzelius als Speichelſtoff, Ptyalin, beſchrieben hat. Dieſer Stoff iſt löslich in Waſſer, unlöslich in Alkohol. Obgleich der Speichelſtoff ſich nahe an die eiweißartigen Verbindungen anzuſchließen ſcheint, ſo iſt er doch von dieſen nach Berzelius dadurch weſentlich verſchieden, daß er aus ſeinen Löſungen weder durch Gerbſäure, noch durch Sublimat oder eſſigſaures Bleioxyd gefällt wird.

---

1) Lehmann, a. a. O. Bd. II, S. 334.

2) Frerichs in R. Wagner's Handwörterbuch, Bd. III, S. 759.

Der Speichelſtoff iſt nach Lehmann's neueſten Angaben [1]) nur deshalb im Waſſer löslich, weil er im Speichel an ein Alkali gebunden iſt, und ſoll in dieſem Zuſtande faſt alle Eigenſchaften des Natronalbuminats beſitzen, ohne ganz mit dieſem übereinzuſtimmen. So wird die Verbindung auf den Zuſatz von wenig Eſſigſäure oder Salpeterſäure niedergeſchlagen, in einem Ueberſchuß der Eſſigſäure gelöſt, beim Kochen mit Salmiak oder ſchwefelſaurer Bittererde getrübt, durch Gerbſäure, Sublimat und baſiſch eſſigſaures Bleioxyd gefällt, ebenſo durch Eiſenkaliumcyanür aus der eſſigſauren Löſung, endlich beim Kochen in Salpeterſäure mit gelber Farbe gelöſt. Dagegen unterſcheidet ſich das Ptyalinalkali vom Natronalbuminat, indem es mit Alaun, mit ſchwefelſaurem Kupferoxyd keinen Niederſchlag erzeugt, und namentlich durch die Leichtigkeit, mit welcher es durch die ſchwächſten Säuren, z. B. durch Kohlenſäure zerlegt wird, wobei die alkaliſche Beſchaffenheit verloren geht. Der geſättigten Löſung dieſes Körpers entſpricht nach Lehmann die Angabe von Berzelius, daß der Speichelſtoff durch Sublimat, Queckſilberchlorid und Gerbſäure nicht niedergeſchlagen werde. Andererſeits weicht die Beobachtung Lehmann's wieder ab, inſofern der des Alkalis beraubte Körper in Waſſer ſchwer löslich ſein ſoll. Soviel iſt gewiß und wohl von jedem Beobachter, der ſich mit Unterſuchung des Speichels beſchäftigte, wahrgenommen, daß ſich klar filtrirter Speichel an der Luft, alſo nach Lehmann in Folge der aufgenommenen Kohlenſäure, trübt.

Der Speichelſtoff von Tiedemann und Gmelin iſt ein Gemenge des Ptyalins von Berzelius mit einem in freiem Alkali löslichen, durch Gerbſäure fällbaren Extractivſtoff. Wright endlich hat mit Unrecht den Namen Speichelſtoff einem ganz anderen Körper ertheilt, der ſich in Alkohol und Aether leicht, in Waſſer dagegen ſchwerer auflöſt [2]).

Berzelius dampft den Speichel zur Gewinnung des Speichelſtoffs ein, zieht den trocknen Rückſtand mit Alkohol aus, ſättigt die noch alkaliſche Maſſe mit Eſſigſäure, behandelt dieſelbe wieder mit

1) Lehmann, a. a. O. Bd. II, S. 15.

2) Der Speichel in phyſiologiſcher, diagnoſtiſcher und therapeutiſcher Beziehung, nach dem Engliſchen von S. Wright, S. 18.

Alkohol, um das essigsaure Alkali aufzulösen, und versetzt endlich den ungelösten Rückstand mit Wasser, welches den beigemengten Schleim zurückläßt, den Speichelstoff dagegen löst. Der getrocknete Speichelstoff ist grauweiß, ohne Geruch und ohne Geschmack. Eine Elementar-Analyse dieses Körpers wurde bisher nicht unternommen.

Außer dem Ptyalin enthält der Speichel, wie schon Simon, Lassaigne, Bostock und Vogel angeben, eine kleine Menge Eiweiß, eine Thatsache, die in neuester Zeit von Frerichs [1]) und mir selber bestätigt wurde.

Einen in Wasser und Alkohol löslichen Extractivstoff, der durch Gerbsäure und Sublimat, dagegen nicht durch Alaun gefällt wird, erwähne ich nur einer Vollständigkeit wegen, die wenigstens den Nutzen hat das Lückenhafte unserer Kenntnisse fühlbar zu machen.

Die Mundflüssigkeit büßt nach Frerichs durch Alkohol, nach Wright, Jacubowitsch und Frerichs durch Kochen ihre Wirksamkeit bei der Verdauung nicht ein. Abgesehen von dem was oben bei der Verdauung mitgetheilt wurde [2]), geht schon hieraus hervor, daß weder der Speichelstoff, noch das Eiweiß der eigentliche Träger ist der umsetzenden und lösenden Kraft, welche die Mundflüssigkeit auszeichnet.

Fettsaure Salze werden von Simon und Wright unter den Bestandtheilen des Speichels aufgezählt. Lehmann hat im Parotidenspeichel eine an Kali gebundene flüchtige Fettsäure beobachtet, die unter dem Mikroskop der Margarinsäure ähnliche Krystallbüschel zeigte [3]). Vielleicht war es Capronsäure. Nach Simon ist auch Cholesterin, nach Tiedemann und Gmelin ein phosphorhaltiges Fett im Speichel enthalten.

Milchsaure Salze haben Berzelius, Mitscherlich und Wright als Bestandtheile des Speichels bezeichnet; Enderlin und Lehmann läugnen dagegen ihre Anwesenheit im Speichel gesunder Menschen und Pferde aufs Bestimmteste [4]).

---

1) Frerichs, a. a. O. S. 762.

2) Vgl. oben S. 194, 195.

3) Lehmann, a. a. O. S. 16.

4) Lehmann, a. a. O. Bd. I, S. 98.

Schwefelcyan (Rhodan) in Verbindung mit Kalium oder Natrium wurde zuerst von Treviranus entdeckt und auch von Tiedemann und Gmelin wiedergefunden. Eigentlich gehört aber Pettenkofer das Verdienst, die Anwesenheit dieses Körpers im Speichel jedem Verdacht einer etwaigen Verwechslung mit ameisensauren oder essigsauren Salzen überhoben zu haben. Seitdem haben sich so viele Forscher und ich selber so häufig von dem Vorhandensein der Schwefelcyanverbindung überzeugt, daß die Anführung von Gewährsmännern überflüssig scheint. Man darf indeß nicht übersehen, daß Schwefelcyankalium im Speichel gesunder Menschen fehlen kann. Die rothe Farbe, welche der Speichel mit Eisenchlorid annimmt, wird durch die Bildung von Schwefelcyaneisen hervorgebracht, das sich, wie Pettenkofer gezeigt hat, von essigsaurem und von ameisensaurem Eisenoxyd unterscheidet, indem es sich auch beim Kochen mit Chloralkalimetallen nicht entfärbt.

Unter den anorganischen Bestandtheilen des Speichels herrschen Chlor und Kali, in der Asche nach Enderlin phosphorsaure Alkalisalze vor. Der Speichel enthält jedoch auch Chlornatrium, phosphorsaure Erden und phosphorsaures Eisenoxyd, kohlensaure Alkalien und Erden, endlich in sehr geringer Menge schwefelsaure Salze und Kieselerde.

Der kohlensaure Kalk, der namentlich im Parotidenspeichel der Pferde beim Stehen an der Luft krystallinisch ausgeschieden wird, entsteht nach Lehmann durch Zerlegung einer Verbindung von Kalk mit Speichelstoff.

Bei der geringen Bekanntschaft, die man bisher mit den dem Speichel eigenthümlichen organischen Stoffen gemacht hat, liegt natürlich die Entwicklungsgeschichte noch ganz brach. Nur so viel läßt sich aus den Eigenschaften des Speichelstoffs schließen, daß irgend ein Eiweißkörper des Bluts durch sehr geringe Veränderung in denselben übergehen kann. Allein die Eigenschaften des Ptyalins streifen so nahe an die des Natronalbuminats, daß eine Entscheidung, ob jener bereits im Blute gebildet wird oder nicht, vor der Hand nicht zu erwarten ist.

Noch weniger aber weiß man, wo und woraus das Schwefelcyankalium gebildet wird. Der Umstand, daß die Rhodanverbindung in gesundem Speichel fehlen kann, scheint beinahe darauf hinzudeuten, daß dieselbe nur als Zersetzungsprodukt eines organischen Stoffs auf-

tritt, der, wie das Ptyalin, vorher an Kali oder Natron gebunden war. Da Frerichs und Wöhler nach dem Genuß von Senföl (Schwefelcyanallyl) Schwefelcyanammonium im Harn auftreten sahen, so dürfte es wahrscheinlich sein, daß in besonderen Fällen Senföl auch im Speichel das Auftreten der Rhodanverbindungen veranlaßt, um so mehr da es bekannt ist, daß manche Stoffe, die dem Körper von außen zugeführt werden, Jodkalium, Quecksilber u. a. durch den Speichel noch rascher aus dem Blute abgesondert werden als durch den Harn [1]). Dies scheint um so leichter angenommen werden zu dürfen für Stoffe, welche auch sonst dem Speichel eigenthümlich sind.

Die gewöhnlichen Seifen, Cholesterin, die anorganischen Bestandtheile des Speichels brauchen das Blut nur unverändert zu verlassen. Das phosphorhaltige Fett von Tiedemann und Gmelin und die von Lehmann gefundene flüchtige Fettsäure sind selbst viel zu wenig erforscht, um über ihren Entwicklungszusammenhang mit Bestandtheilen des Bluts irgend etwas errathen zu können.

Das Verhältniß, in welchem die einzelnen Stoffe im Speichel vertreten sind, ergiebt sich aus folgenden Zahlen:

In 1000 Theilen	Speichel eines gesunden Menschen. Simon.	Speichel des Menschen. Berzelius.	Speichel eines gesunden Mannes. Frerichs.	Speichel des Menschen. Jacubowitsch.
Speichelstoff . . .	—	2,9	—	—
Speichelstoff nebst etwas Alkoholextract . .	4,37	—	1,41	—
Organischer Stoff (Speichelstoff?)	—	—	—	1,34
Schleim (Epithelien) .	1,40	1,4	2,13	1,62
Fett	—	—	0,07	—
Fett mit Cholesterin .	0,32	—	—	—
Wasserextract mit Salzen	2,45	—	—	—
Alkoholextract mit milchsaurem Alkali . .	—	0,9	—	—
Schwefelcyankalium .	—	—	0,10	0,06
Salze	—	1,9	2,19	1,82
Wasser	991,22	992,9	994,10	995,16.

1) Lehmann, a. a. O. Bd. II, S. 23, 24.

Lehmann fand in 1000 Theilen seines Speichels 0,046 bis 0,089 Rhodankalium.

Für die Asche des Speichels besitzen wir nachstehende Zahlen:

In 100 Theilen Asche	Enderlin.	Jacubowitsch.
Chlorkalium und Chlornatrium . .	61,93	46,15
Phosphorsaures Natron	28,12	51,65
Schwefelsaures Natron	2,31	—
Kalkerde	—	1,65
Bittererde	—	0,55
Phosphorsaure Erden und phosphorsaures Eisenoxyd	5,51	—

Mitscherlich fand in den Mineralbestandtheilen bei einem chronisch erkrankten Menschen 77,46 Procent Chlorkalium, und nach einer Analyse von Lehmann [1]) enthält die Asche des Parotidenspeichels des Pferdes auf 100 Theile berechnet:

Chlorkalium	40,38
Kohlensaures Kali . . .	31,50
Phosphorsaures Natron .	4,16
Schwefelsaures Natron .	1,50
Kohlensauren Kalk . . .	20,82
Phosphorsaure Erden . .	1,64.

Aus diesen Zahlen ersieht man, wie das Chlorkalium im Speichel sehr bedeutend vorwiegt. Ebenso vorherrschend sind im Speichel der Unterkieferdrüsen die Chloralkalimetalle vertreten (Jacubowitsch).

Nach den Untersuchungen von Jacubowitsch ist der Speichel der Ohrspeicheldrüsen stärker alkalisch als der der Unterkieferdrüse. Bernard machte zuerst darauf aufmerksam, daß der Speichel der Ohrspeicheldrüse wasserhell, der Speichel der Unterkieferdrüse dagegen sehr schleimig und fadenziehend sei, ein Unterschied, den Jacubo-

1) Lehmann, a. a. O. Bd. II, S. 17.

witsch bestätigt und den man nach Bernard auch an den wässerigen Aufgüssen beider Drüsen beobachten kann.

Durch einen reichlichen Uebergang von Nahrungsstoffen in das Blut sah Wright den Speichel dichter werden. Sodann haben Lassaigne, Magendie und Rayer bewiesen, daß trockne Nahrungsmittel die Absonderung des Speichels sehr beträchtlich erhöhen [1]).

Im nüchteren Zustande reagirt der Parotidenspeichel sauer und in Folge eines langen Hungerns wird die Menge seiner festen Bestandtheile vermehrt (E. G. Mitscherlich).

Kochsalz, das man Thieren ins Blut spritzt, vermehrt die Menge des Chlornatriums im Speichel (Lehmann).

Der Magensaft.

§. 7.

In dem stark sauren Magensaft wird unter dem Namen Daungsstoff, Pepsin, ein eigenthümlicher Körper beschrieben, der sehr wahrscheinlich ein Gemenge mehrer Stoffe darstellt. Von der Zusammensetzung dieses Körpers weiß man durch Frerichs nur, daß er außer Stickstoff auch Schwefel enthält, während man nach einer vereinzelten Analyse Vogel's d. J. das Verhältniß des Stickstoffs, Kohlenstoffs, Wasserstoffs und Sauerstoffs durch den Ausdruck $N^4 C^{25} H^{15} O^5$ bezeichnet, der jedoch selbst als empirische Formel noch sehr zweifelhaften Werth hat.

Das Richtige ist nämlich, daß wir in der Kenntniß des Pepsins gar nicht so weit vorgedrungen sind, um bei einer Elementaranalyse auf Erfolg hoffen zu können, während andererseits das jetzt bekannte, freie Pepsin sich bei so niederen Wärmegraden zersetzt, daß es nicht möglich ist, den Körper behufs der Analyse zu trocknen.

Nach Schwann und Wasmann, von denen jener das Pepsin zuerst kennen lehrte, dieser es am Genauesten beschrieb, ist der fragliche Körper löslich in Wasser, unlöslich in Alkohol, fällbar durch Gerbsäure und basisch essigsaures Bleioxyd. Die gesättigte Lösung

1) Frerichs, a. a. O. S. 769.

wird durch Mineralſäuren, wenn dieſe in geringer Menge zugeſetzt werden, getrübt, die Trübung verſchwindet durch mehr Säure, während ſchließlich ein Ueberſchuß dieſer einen flockigen Niederſchlag erzeugt (Valentin's ſogenannter mikrolytiſcher und makrolytiſcher Niederſchlag).

Wenn ſchon dieſes Verhalten zu Säuren den Dauungsſtoff vom Eiweiß unterſcheidet, ſo erhellt die Verſchiedenheit andererſeits daraus, daß die eſſigſaure Löſung durch Eiſenkaliumcyanür nicht gefällt, und die wäſſerige Löſung, wie neulich Frerichs dargethan hat, beim Sieden nicht getrübt wird. Queckſilberchlorid ſoll in der Pepſinlöſung einen geringeren Niederſchlag erzeugen als in Eiweißlöſungen. Ebenſo nach Frerichs neutrales eſſigſaures Blei [1]). — Die Trübung, welche Wasmann beim Kochen in Pepſinlöſungen beobachtet hatte, iſt beigemengtem Eiweiß zuzuſchreiben (Frerichs).

Obgleich das Pepſin alſo in der Siedhitze nicht gerinnt, wird ſeine Wirkſamkeit für die Verdauung nach Blondlot ſchon bei 40—50°, nach Frerichs bei 60° bis 70° und namentlich beim Kochen aufgehoben. Ebenſo büßt das Pepſin ſeine verdauende Kraft ein, wenn es mit einem großen Ueberſchuß von Alkohol oder mit ſtarken Mineralſäuren verſetzt wird. Endlich iſt die kräftige Wirkung des Pepſins durchaus an die Gegenwart freier Säure — Milchſäure oder Salzſäure — gebunden; wenn man den Magenſaft mit Alkalien ſättigt, dann geht ſeine Wirkſamkeit verloren.

Dies hat Schmidt zu der ſehr geiſtreich durchgeführten Vermuthung veranlaßt, die Salzſäure, welche einzelne Forſcher, z. B. Dungliſon, beim Deſtilliren des Magenſafts übergehen ſahen, als urſprünglich mit dem Pepſin gepaart zu betrachten. Schmidt nennt den gepaarten Körper Chlorpepſinwaſſerſtofffäure. Durch ſtarke Säuren und Alkalien würde die complexe Säure, welche Schmidt der Holzſchwefelſäure vergleicht, zerſetzt, und, ganz dem Begriff einer gepaarten Säure entſprechend, läßt ſich Pepſin, dem ein Alkali den Chlorwaſſerſtoff raubte, nicht wieder mit letzterem verbinden. Daher iſt die Verdauungskraft verloren. Ebenſo wirkt das Erhitzen. Bei 40° läßt ſich die Chlorpepſinwaſſerſtofffäure unzerſetzt verdichten; bei

1) Frerichs, a. a. O. S. 785, 786.

70° wird die Löſung getrübt, bei 100° reines Pepſin in Flocken ausgeſchieden, die Flüſſigkeit iſt verdünnte Salzſäure. Alſo auch hier iſt die Wirkſamkeit der gepaarten Säure vernichtet.

Die friſche Chlorpepſinwaſſerſtofffäure bildet mit dem Eiweiß Salze. Dieſe Salze ſind nach Schmidt die löslichen Peptone, welche bei der Verdauung der Eiweißkörper entſtehen. Ihre Menge iſt begrenzt durch die Menge der Chlorpepſinwaſſerſtofffäure. Sie wird vermehrt, wenn man in richtigen Grenzen freie Salzſäure hinzufügt, welche die chlorpepſinwaſſerſtofffauren Albuminate zerlegt, lösliches ſalzſaures Eiweiß bildet und neue Mengen der gepaarten Magenſäure in Freiheit ſetzt. Nach und nach ſättigt ſich die Flüſſigkeit mit gelösten Eiweißverbindungen, die Chlorpepſinwaſſerſtofffäure wird zerſetzt, und hierdurch erreicht die ganze Thätigkeit ihr Ende[1]).

Es iſt nicht zu läugnen, dieſe Auffaſſung der Thatſachen iſt die geiſtvollſte, die am beſten durchdachte, die vorliegt. Um ſo mehr iſt es zu bedauern, daß Schmidt kein chlorpepſinwaſſerſtofffaures Salz dargeſtellt und analyſirt hat.

Zur Bereitung des Pepſins zog Wasmann die Drüſenhaut des Schweinemagens mit Waſſer aus, fällte die Flüſſigkeit mit eſſigſaurem Blei und zerlegte das Pepſinblei durch Schwefelwaſſerſtoff. Dann wurde aus der filtrirten Löſung das Pepſin mit Alkohol niedergeſchlagen. Es iſt ein der Annahme Schmidt's ſehr günſtiger Umſtand, daß dieſes Pepſin immer Säure zurückhält und Lackmus röthet. — Durch dieſe Darſtellung wird ſattſam erklärt, daß Frerichs in Wasmann's Pepſin auch Eiweiß vorfand. Denn, wie Mulder richtig hervorhebt, auch das Eiweiß wird aus der Bleiverbindung wieder in löslicher Form abgeſchieden und durch die freie Eſſigſäure des eſſigſauren Bleis um ſo leichter in Löſung erhalten. — Weit beſſer iſt deshalb das Verfahren von Frerichs, der (künſtlichen) Magenſaft mit einer mäßigen Alkoholmenge niederſchlug, welche die Peptone löſte und das Pepſin ungelöſt ließ. Setzt man zu viel Alkohol zu, dann gerinnen auch die im Magenſaft gelöſten Eiweißkörper.

Eine Frage, die ſich uns zunächſt aufdrängt, iſt dieſe: welche Säure bedingt vorzugsweiſe die ſaure Beſchaffenheit des Magenſafts?

---

1) C. Schmidt, in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXI, S. 318—323.

Lehmann hat die Frage beantwortet, ſo daß fortan dieſer Punkt durchaus geſichert iſt. Im Magenſaft von Hunden, die nur mit Knochen gefüttert wurden, hat Lehmann Milchſäure nachgewieſen, durch Elementaranalyſe ſowohl wie durch eine Aequivalentsbeſtimmung an milchſaurer Talkerde[1]).

So lange die Anweſenheit der Milchſäure im Magenſaft nicht erwieſen war — und erwieſen wurde ſie eben erſt im Jahre 1847 durch Lehmann, — mußte man nach den Verſuchen Prout's an Salzſäure im Magenſaft glauben. Prout beſtimmte das Chlor, welches der Magenſaft in verſchiedener Form enthält, in folgender Weiſe:

I. Ein Theil des Magenſafts wurde zur Trockne verdampft, verbrannt und durch Fällung der gelöſten Aſche mit ſalpeterſaurem Silber das Chlor beſtimmt. Dieſe Chlormenge war an ein feuerbeſtändiges Alkali gebunden.

II. Ein zweiter Theil des Magenſafts wurde mit Kali überſättigt, verdampft, verbrannt, mit Salpeterſäure gekocht und auf dieſelbe Weiſe wie der erſte Theil mit ſalpeterſaurem Silber behandelt. Dadurch wurde alles Chlor gefunden, welches überhaupt, frei oder gebunden, im Magenſaft zugegen war.

III. Ein dritter Theil des Magenſafts wurde mit einer Kalilauge von bekannter Sättigungscapacität genau geſättigt und aus der hierzu erforderlichen Menge des Kali's die freie Salzſäure berechnet. Indem nun Prout von der ganzen Chlormenge (II) die an ein feuerbeſtändiges Alkali gebundene (I) ſammt der des freien Chlorwaſſerſtoffs (III) abzog, erhielt er die Chlormenge, welche an Ammonium gebunden war und ſich bei der Verbrennung des erſten Theils verflüchtigte[2]).

Da die in I plus III gefundene Menge wirklich kleiner war als die in II erhaltene, ſo konnte Prout — angenommen daß keine andere freie Säure im Magenſaft enthalten war — mit Recht auf Salmiak und daneben auf freie Salzſäure ſchließen.

Weil Prout bei ſeiner erſten Mittheilung nicht ausdrücklich anführte, daß er die Aſche vor der Chlorbeſtimmung in II mit Salpeterſäure kochte, machten ihm Leuret und Laſſaigne den Einwurf, der in II gefundene Niederſchlag rühre nicht von Chlor, ſondern von Cyan-

1) Lehmann, a. a. O. Bd. I. S. 97.

2) Vgl. Prout, The Annals of philosophy, new series Vol. XII, p. 407, 408, wo die Frage mit meiſterhafter Klarheit erörtert wird.

kalium her, das ſich bei der Verbrennung des mit Kali überſättigten Rückſtandes gebildet habe[1]). Prout wies dieſen Einwand einfach zurück durch die Angabe, daß er das Kochen mit Salpeterſäure als geübter Chemiker nicht unterlaſſen habe[2]) — und es iſt unbegreiflich, wie ſeitdem Thomſon noch einmal auf dieſen Einwand zurückkommen konnte[3]).

Wichtiger iſt trotzdem das Ergebniß der von Thomſon angeſtellten Verſuche. Enthält der Magenſaft wirklich freie Salzſäure, ſo muß dieſelbe beim Deſtilliren im Waſſerbad mit den Waſſerdämpfen übergehen. Thomſon jedoch fand im Deſtillat des Magenſafts von Chlor keine Spur. Erhitzt man über freiem Feuer, dann geht Salmiak über, und der Verſuch iſt nicht beweiſend. Thomſon beſtimmte gleichfalls die Mengen des überhaupt im Magenſaft vorhandenen Chlors.

a) indem er einen Theil des Magenſafts mit ſalpeterſaurem Silber vollſtändig fällte und den Niederſchlag mit Salpeterſäure kochte;

b) indem er einen zweiten Theil verdampfte, glühte und nun in gleicher Weiſe den Chlorgehalt beſtimmte;

c) durch das gleiche Verfahren wie in b, nachdem er jedoch zuvor die freie Säure des Magenſafts geſättigt hatte.

In gleichen Theilen gab

a) . . . . 2,00 Chlorwaſſerſtoff,
b) . . . . 1,84 „
c) . . . . 2,04 „ .

Weil c mit a übereinſtimmt, konnte nicht Salzſäure die Urſache der ſauren Beſchaffenheit des Magenſafts ſein, und der Verluſt in b erklärt ſich durch Verflüchtigung des Salmiaks[4]). Wäre nämlich in c Salzſäure durch das Kali geſättigt worden, dann hätte ſich im Vergleich zu a wegen der Verflüchtigung des Salmiaks ein Verluſt an Chlorwaſſerſtoff ergeben müſſen. Das Kali ſättigte eine organiſche Säure, band aber bei der Verbrennung das Chlor des Salmiaks. Aus dieſem Grunde konnte a mit c übereinſtimmen. Demnach hat Thomſon in Prout's Verſuchen keinen Fehler nachgewieſen, er erhielt jedoch auf anderem Wege ein entgegengeſetztes Ergebniß.

---

1) Leuret et Lassaigne, Récherches physiologiques et chimiques pour servir à l'histoire de la digestion, Paris, 1825, p. 114.

2) Prout, a. a. O. S. 406.

3) Thomſon, in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LIV, S. 218.

4) Thomſon, ebendaſelbſt S. 216, 217.

C. Schmidt hat zu einer Zeit, als er die Anwesenheit von Milchsäure im Magensaft noch bezweifeln konnte[1]), in folgender Weise die Annahme freier Salzsäure zu widerlegen gesucht. Er versetzte den Magensaft mit einer Menge salpetersauren Silberoxyds, die nicht hinreichte, um alles Chlor zu fällen. Der ausgewaschene Niederschlag löste sich zum Theil in Salpetersäure auf, es ging salpetersaures Silber durchs Filter. Bei der Annahme, daß der Magensaft keine andere freie Säure enthielt als Salzsäure, wäre dies nicht geschehen, da ja Chlorsilber in Salpetersäure unlöslich ist. Schmidt bezieht also das gelöste Silber auf Chlorpepsinwasserstoffsäure. Es muß allerdings neben Salzsäure eine andere Säure sich an dem Niederschlag des Silbers betheiligt haben. Allein die Möglichkeit, daß auch Salzsäure vorhanden war, wird durch jenen Versuch nicht ausgeschlossen.

Von anderer Seite hat man gegen Prout hervorgehoben, daß Chlorcalcium, Chlormagnesium, die im Magensaft vorhanden sind, durch Milchsäure beim Erhitzen, ja selbst beim Verdunsten im luftleeren Raume zersetzt werden. Daher soll dann der Verlust an Chlor rühren, den Prout in seinem ersten Versuche beobachtet habe. Allein Prout schließt auf die Menge der freien Salzsäure in der oben angeführten Abhandlung[2]) nicht aus dem Verlust in I, sondern aus der Kalimenge, die in III erforderlich war, um die freie Säure zu sättigen. Und da Prout annahm, daß keine andere Säure als Chlorwasserstoff in den gewöhnlichen Fällen die saure Beschaffenheit des Magensaftes bedinge, so konnte er allerdings aus den gefundenen Mengen keinen Widerspruch gegen seine Annahme ableiten.

Zieht man nun, im Besitze der Kenntniß der Milchsäure im Magensaft, aus allen mitgetheilten Beobachtungen einen endgültigen Schluß, so ergiebt sich Folgendes.

Prout würde nur dann die Gegenwart von Chlorwasserstoffsäure im Magensaft bewiesen haben, wenn keine Milchsäure in demselben zugegen wäre. Für uns beweisen seine Zahlen die Anwesenheit von freiem Chlorwasserstoff nicht.

Aus Schmidt's Versuch geht hervor, daß, wenn auch freie Salzsäure im Magensaft vorhanden wäre, doch jedenfalls noch eine

---

1) C. Schmidt, Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXI, S. 316, 318.
2) A. a. O. S. 407.

andere Säure zugegen ſein muß, die mit Silberſalzen einen Niederſchlag erzeugt. Durch Schmidt's Verſuch iſt die Salzſäure nicht ausgeſchloſſen.

Nur Thomſon's Zahlen widerlegen die Annahme freier Salzſäure durchaus, obgleich ſeine Angabe, daß das Deſtillat des Magenſafts keine freie Salzſäure enthalte, neuerdings von Lehmann nicht beſtätigt ward.

Um ſo willkommener muß es ſein, daß andere Forſcher durch verſchiedene Mittel die Abweſenheit der Salzſäure erhärtet haben. Nach Bernard und Barreswil wird nämlich filtrirter Magenſaft durch Zuſatz verdünnnter Kleeſäure deutlich getrübt, während gleichviel Kleeſäure in einer Kalklöſung, die nur $^1/_{1000}$ Salzſäure enthält, keinen Niederſchlag von kleeſaurem Kalk hervorbringt. Und während Salzſäure in der Siedhitze Stärkmehl verändert, ſo daß letzteres durch Jod nicht gebläut wird, erfolgt dieſe Umwandlung beim Kochen des Stärkmehls mit Magenſaft nicht.

Da der Magenſaft beim Verdampfen nach Dunglison und Lehmann in der That nicht bloß Waſſer, ſondern auch ziemlich viel Salzſäure verliert, da ferner Chlorcalcium und Chlormagneſium durch Milchſäure zerlegt werden, ſo läßt ſich die Entwicklung von Chlor aus Magenſaft durch die Anweſenheit der Milchſäure erklären. Es wird jedoch aus dem Magenſaft durch ſalpeterſaures Silber ein Stoff niedergeſchlagen, der ſich in Salpeterſäure auflöſt. Milchſaures Silber kann dieſen Theil des Niederſchlags nicht bilden, weil es in Waſſer löslich iſt. Folglich bleibt der Annahme Schmidt's, daß neben Milchſäure Chlorpepſinwaſſerſtoff im Magenſaft vorhanden ſei, noch immer Raum; ja man muß weiter gehen, dieſe Annahme iſt bisher durch keine Thatſache entſchieden widerlegt, und da ſie in jenem Niederſchlag eine Erſcheinung erklären kann, welche durch die Milchſäure allein nicht erklärt wird, ſo iſt es ſogar wahrſcheinlich, daß neben der Milchſäure Chlorpepſinwaſſerſtoffſäure zugegen ſei. Ein Theil des Chlors, das ſich beim Verdampfen des Magenſafts entwickelt, müßte demnach von dieſer gepaarten Säure herrühren. Nur an Einem Punkte findet ſich Schmidt im Widerſpruch mit den neueren Forſchungen, nämlich in der Angabe, daß ſich beim Kochen das Pepſin in Flocken ausſcheide. Da ſich indeß Schmidt auf Wasmann beruft, ſo liegt wohl nur die Verwechslung mit Eiweiß vor.

Gehört nun auch die Salzſäure nicht zu den Beſtandtheilen,

welche im freien Zuſtande von den Magendrüſen abgeſondert werden, ſo kann ſie doch im Magenſaft zufällig entſtehen, einmal aus dem Chlorcalcium und dem Chlormagneſium des Magenſaftes ſelbſt, ſodann durch dieſe Chlorverbindungen, die mit der Nahrung zugeführt werden. Ja zur Zerſetzung des Chlormagneſiums iſt nach Mulder, wie oben mehrfach erwähnt wurde, nicht einmal die Milchſäure nothwendig.

Blondlot ſchrieb die ſaure Beſchaffenheit des Magenſafts saurem phosphorſaurem Kalk zu, mit Unrecht, weil Magenſaft Kreide löſt.

Daß neben Milchſäure aus den Nahrungsſtoffen bisweilen ſchon im Magen Butterſäure und Eſſigſäure gebildet werden können, erklärt ſich nach den bekannten Umſetzungen der ſtärkmehlartigen Nahrungsſtoffe (und des Alkohols) von ſelbſt.

Faſſen wir alles, was wir über die freie Säure des Magenſafts wiſſen, in wenig Worte zuſammen, ſo iſt in dieſer Abſonderung die Milchſäure gewiß, Chlorpepſinwaſſerſtoffſäure wahrſcheinlich, Salzſäure möglich, während Butterſäure und Eſſigſäure zufällig ſind. Im Magenſaft der Hühner wollten Treviranus und Brugnatelli Fluorwaſſerſtoff gefunden haben. Es iſt jedoch weder Tiedemann und Gmelin bei Enten, noch Lehmann bei Gänſen gelungen, dieſe Angabe zu beſtätigen [1]).

Die neueren Forſcher berichten einſtimmig, daß Chlornatrium unter den Mineralbeſtandtheilen des Magenſafts vorherrſcht. An das Chlornatrium ſchließen ſich hauptſächlich andere Chlorverbindungen, Chlorkalium, Chlorcalcium, Chlormagneſium und Eiſenchlorür (Berzelius, Lehmann), endlich phosphorſaurer Kalk, phosphorſaure Bittererde und Spuren von Mangan.

Eine geringe Menge von ſchwefelſaurem und Spuren von zweibaſiſch phosphorſaurem Alkali fand Frerichs in der Aſche. Im Magenſaft ſelbſt fehlen nach Lehmann ſchwefelſaure und phosphorſaure Alkalien.

Ueber die Entwicklung des Pepſins läßt ſich nichts ſagen, da die Conſtitution dieſes Körpers noch viel weniger bekannt iſt als die ſeiner Mutterkörper, der eiweißartigen Verbindungen des Bluts. Daß aber das Pepſin wirklich auf dieſe zurückgeführt werden muß, läßt ſich

1) Lehmann, a. a. O. Bd. I, S. 440.

nach den Eigenschaften und nach dem Stickstoff- und Schwefelgehalt nicht bezweifeln.

Wenn die oben ausgesprochene Vermuthung richtig ist, daß Milchsäure zu den Bestandtheilen des Bluts gehört, obgleich dieselbe weder von Enderlin, noch von mir oder Schloßberger gefunden werden konnte, so wird man annehmen dürfen, daß diese Säure unverändert aus den Haargefäßen in die Labdrüsen hinübertritt.

Die Verhältnisse der einzelnen Bestandtheile des Magensafts ergeben sich, so weit sie erforscht sind, aus folgenden Zahlen:

In 100 Theilen	Magensaft eines Pferdes. Tiedemann und Gmelin.	Magensaft eines Pferdes. Frerichs.	Magensaft eines Hundes. Frerichs.
Organische Materie .	1,05	0,90	0,72
Alkoholextract . .	—	0,08	—
Lösliche Salze . .	0,50	0,64	0,43
Unlösliche Salze ..	0,05	0,08	
Wasser	98,10	98,28	98,85

Kochsalz, Alkalisalze, Zucker vermehren die Absonderung des Magensafts.

Lehmann hat bei einem Hunde, dem er eine Kochsalzlösung in die Drosselader eingespritzt hatte, eine Zunahme des Kochsalzes im Magensaft beobachtet[1]).

Die Galle.

§. 8.

Durch die vereinten Untersuchungen von L. Gmelin, Berzelius und Mulder auf der einen, von Liebig und seinen Schülern auf der anderen Seite, namentlich aber durch die ausgezeichneten Arbeiten Strecker's ist die Kenntniß der Galle in diesem Augenblicke weiter vorgeschritten als die von irgend einer anderen Absonderung[2]).

1) Lehmann, a. a. O. Bd. I, S. 443.

2) Vgl. Strecker's Aufsätze in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXV, LXVII, LXX.

In der Ochſengalle, die den meiſten Forſchungen als Muſter gedient hat, ſind nach Strecker zwei ſtickſtoffhaltige Säuren enthalten, von denen die eine, die Cholſäure oder Gallenſäure ſchwefelfrei iſt, die andere Schwefel enthält und Choleinſäure oder geſchwefelte Gallenſäure heißt. Dieſe Säuren ſind in der Galle an Natron oder an Kali gebunden.

Der Cholſäure, die als ſolche mit ihren wichtigeren Eigenſchaften ſchon Gmelin kannte, gehört nach Strecker's Analyſen die Formel $NC^{52}H^{42}O^{11} + HO$. Es läßt ſich dieſelbe in feinen Nadeln kryſtalliſiren, die durch ihren bitterſüßen Geſchmack ausgezeichnet ſind.

Von kaltem Waſſer wird die Cholſäure nur wenig leichter gelöſt als der Gyps, von heißem Waſſer reichlicher, am leichteſten aber von Weingeiſt. In Aether iſt die Cholſäure ſchwer löslich. Aus der alkoholiſchen Löſung ſcheidet ſie ſich beim Verdunſten harzig, aus der mit Waſſer verſetzten weingeiſtigen Löſung kryſtalliniſch ab. Aus ihrer wäſſerigen Löſung wird die freie, das Lackmuspapier ſtark röthende Säure weder durch eſſigſaures Bleioxyd, noch durch Sublimat oder ſalpeterſaures Silberoxyd gefällt.

Um die Cholſäure zu bereiten, wird nach Strecker die Galle getrocknet und mit möglichſt wenig Alkohol ausgezogen. Die alkoholiſche Löſung verſetzt man allmälig mit Aether, worauf ſich ein harziger Niederſchlag abſetzt und die Flüſſigkeit nach und nach entfärbt wird. Dieſe gießt man ab, fügt aufs Neue Aether zu, der die Flüſſigkeit milchig trübt. Nach einiger Zeit bilden ſich in der harzigen Maſſe ſternförmige Kryſtallgruppen, die mit ätherhaltigem Alkohol gewaſchen werden. Die ſo gewonnenen Kryſtalle ſind ein Gemenge von cholſaurem Natron und cholſaurem Kali. Man überträgt deshalb die Säure an Bleioxyd, indem man jene Salze in Waſſer löſt und durch baſiſch eſſigſaures Bleioxyd niederſchlägt. Das cholſaure Blei zerſetzt man durch kohlenſaures Natron, das cholſaure Natron kryſtalliſirt man, indem man daſſelbe in Alkohol löſt und die Löſung mit Aether verſetzt, um endlich die wäſſerige Löſung des gereinigten cholſauren Natrons mit verdünnter Schwefelſäure zu zerſetzen. Dann ſcheidet ſich die Cholſäure kryſtalliniſch aus und braucht nur durch Auswaſchen mit kaltem und nachheriges Umkryſtalliſiren aus kochendem Waſſer völlig gereinigt zu werden [1]).

1) Strecker, a. a. O. Bd. LXV, S. 7—10.

Die geſchwefelte Gallenſäure oder die Choleinſäure, $NC^{52}H^{45}O^{14}S^{2}$ nach Strecker, konnte nicht völlig rein dargeſtellt werden. Vorläufig aber weiß man, daß ſie weniger ſtark ſauer und in Waſſer leichter löslich iſt als die Cholſäure.

Annähernd rein gewinnt man die Choleinſäure, wenn man aus der Galle die mittelſt neutralen eſſigſauren Bleioxyds aus den Salzen fällbare Cholſäure entfernt. Dann erhält man durch baſiſch eſſigſaures Blei einen Niederſchlag, der aus cholſaurem und choleinſaurem Blei beſteht. Dieſen zerſetzt man durch kohlenſaures Natron, das getrocknete Natronſalz löſt man in Alkohol und aus dieſer Löſung wird durch Aether zuerſt das choleinſaure Natron ziemlich rein gefällt. Ein Theil der verunreinigenden Cholſäure kann jetzt noch entfernt werden, indem man die in Waſſer gelöſte Salzmaſſe mit ſalpeterſaurem Silberoxyd verſetzt, durch welches Cholſäure niedergeſchlagen wird. Endlich fällt man die filtrirte Löſung noch einmal mit baſiſch eſſigſaurem Bleioxyd, zerlegt den Niederſchlag mit Schwefelwaſſerſtoff und trocknet die Flüſſigkeit im luftleeren Raum. Jedoch auch nach dieſem Verfahren iſt die Choleinſäure immer mit Cholſäure verunreinigt.

Cholſaure und choleinſaure Alkalien, das ſind die weſentlichen Beſtandtheile der Galle. Dieſe Alkaliſalze ſind, wie aus der bisherigen Beſchreibnng hervorgeht, löslich in Waſſer und in Alkohol, dagegen unlöslich in Aether. Der Geſchmack der choleinſauren Alkalien iſt ſehr ſüß und hintennach bitter.

Die Cholſäure wird aus ihren Alkaliſalzen durch Säuren harzig gefällt, die Choleinſäure nicht; dagegen werden beide durch ſtarke Alkalilaugen oder auch durch kohlenſaure Alkaliſalze aus ihren wäſſerigen Löſungen niedergeſchlagen[1]). Neutrales eſſigſaures Bleioxyd und in der Kälte ſalpeterſaures Silberoxyd ſchlagen die cholſauren Salze nieder, die choleinſauren nicht; die letzteren erzeugen jedoch mit baſiſch eſſigſaurem Bleioxyd einen pflaſterartigen Niederſchlag, der in kochendem Waſſer, leichter in kochendem Alkohol und, was beſonders wichtig iſt, auch von einem Ueberſchuß des Prüfungsmittels und von eſſigſauren Salzen gelöſt wird (Strecker). Salze des Kalks, des Talks oder des Baryts erzeugen weder in cholſauren, noch in choleinſauren Salzen eine Fällung.

---

1) Strecker, a. a. O. Bd. LXV, S. 20. und Bd. LXVII, S. 46.

§. 9.

Wenn auch sonst alle diejenigen künstlich erzeugten Zersetzungsprodukte, die nicht im Thierkörper selbst vorkommen, außerhalb des Bereichs dieses Buchs liegen, so müßen dagegen die von Strecker in ein so glänzendes Licht gestellten Zersetzungsprodukte der beiden Gallensäuren hier um so mehr in Betracht kommen, weil sie sich nicht nur theilweise in dem Darmkanal aus der Galle bilden, sondern namentlich deshalb, weil sie erst die Constitution der Gallensäuren verständlich machen.

Die Cholsäure zerfällt nämlich, wenn sie mit Alkalien oder mit Barytwasser gekocht wird, in eine stickstofffreie Säure, welche Strecker Cholalsäure genannt hat, und in einen indifferenten oder höchst schwach basischen, stickstoffhaltigen Körper den Leimzucker (Glycin, Glycocoll), den man schon früher aus der Behandlung des Knochenleims mit ätzenden Alkalien oder starken Mineralsäuren hervorgehen sah.

Strecker ertheilt nach seinen Analysen der Cholalsäure die Formel $C^{48}\ H^{39}\ O^{9} + HO$. Die Krystalle bilden Tetraeder oder Quadratoktaeder.

In kaltem Wasser ist die Cholalsäure sehr schwer löslich und sogar in kochendem Wasser nur etwa halb so löslich wie der Gyps in kaltem. Dagegen wird sie leicht gelöst in Alkohol und in Aether. Die Lösungen schmecken stark bitter und zugleich ein wenig süß, ebenso die Salze. Cholalsaure Alkalien und cholalsaurer Baryt sind in Wasser löslich, während der Alkohol alle cholalsaure Salze auflöst.

Man bereitet die Cholalsäure aus dem harzigen Niederschlag, der durch Aether in der alkoholischen Gallenlösung erzeugt wird. Der Niederschlag wird mit Kali 24—36 Stunden gekocht. Dann scheidet sich das Kalisalz krystallinisch aus und dieses Salz wird mittelst Chlorwasserstoffsäure zerlegt. Auf den Zusatz einer geringen Aethermenge wird die harzig ausgeschiedene Säure krystallinisch, so daß sie mit Wasser gewaschen und durch Krystallisation aus Alkohol gereinigt werden kann.

Die Mutterlauge, aus welcher das cholalsaure Kali sich abschied, enthält, wie Strecker gelehrt hat, Leimzucker, der nach den Analysen von Laurent, Mulder und Horsford durch die Formel $NC^{4}\ H^{5}\ O^{4}$ bezeichnet wird und in farblosen rhombischen Prismen krystallisirt.

Leimzucker ſchmeckt etwa ſo ſüß wie der Traubenzucker, löſt ſich leicht in Waſſer, wenig in kaltem, reichlicher dagegen in heißem Weingeiſt, ſehr ſchwer in abſolutem Alkohol und gar nicht in Aether. In Mineralſäuren und in nicht zu ſtarken Löſungen der Alkalien wird er gelöſt. Mit Kali und ſchwefelſaurem Kupferoxyd erzeugt er eine laſurblaue Löſung, beim Erhitzen wird jedoch das Kupferoxyd nicht reducirt. Wenn man Leimzucker in Kalilauge kocht, dann wird die Flüſſigkeit feuerroth, es entweicht Ammoniak, und bei länger fortgeſetztem Erhitzen geht die Farbe wieder verloren.

Aus der mit Barytwaſſer gekochten Cholſäure gewann Strecker den Leimzucker in folgender Weiſe. Der cholalſaure Baryt, der ſich beim Kochen gebildet hatte, wurde durch Salzſäure zerſetzt, die Flüſſigkeit vom harzigen Niederſchlag abfiltrirt und aus jener durch Schwefelſäure der Baryt, die Schwefelſäure und die Salzſäure durch Bleioxydhydrat entfernt. Nach Abſcheidung des Bleis durch Schwefelwaſſerſtoff entſtanden in der durch Abdampfen verdichteten Flüſſigkeit ſüße, prismatiſche Kryſtalle von Leimzucker.

Während alſo die ſchwefelfreie Gallenſäure beim Kochen mit Alkalien oder mit Baryt in Cholalſäure und in den ſchwefelfreien Leimzucker zerfällt, wird nach Strecker's ſchöner Entdeckung die geſchwefelte Gallenſäure oder die Choleinſäure bei derſelben Behandlung zerlegt in Cholalſäure und in das von L. Gmelin entdeckte Taurin, in welchem Redtenbacher einen reichlichen Schwefelgehalt kennen lehrte. Nach den Analyſen des letztgenannten Chemikers entſpricht die Zuſammenſetzung des Taurins der Formel $NC^4 H^7 O^6 S^2$.

Das Taurin kryſtalliſirt in geraden rhombiſchen Prismen, die vier- oder ſechsſeitig zugeſpitzt ſind. Es löſt ſich leicht in Waſſer, ſchwer in Weingeiſt, gar nicht in Alkohol oder Aether und beſitzt weder ſaure, noch baſiſche Eigenſchaften. In ſtarken Mineralſäuren wird es, ohne ſich mit denſelben zu verbinden, unverändert gelöſt und aus der wäſſerigen Löſung durch kein Metallſalz niedergeſchlagen.

Aus der Mutterlauge des mit Barytwaſſer gekochten harzigen Niederſchlags, den Aether in der in Alkohol gelöſten Galle erzeugte, läßt ſich das Taurin bereiten. Wie bei der Darſtellung des Leimzuckers wird nämlich durch Salzſäure die Cholalſäure abgeſchieden, der Baryt durch Schwefelſäure, Schwefelſäure und Salzſäure durch Bleioxydhydrat, Blei durch Schwefelwaſſerſtoff. Nach dem Eindampfen kryſtalliſiren Taurin und Leimzucker aus der Flüſſigkeit. Da nun

salzsäurehaltiger Weingeist den Leimzucker leicht, Taurin dagegen schwer auflöst, so läßt sich der Leimzucker durch dieses Mittel wegwaschen. Das Taurin wird durch Krystallisation gereinigt[1]).

Vergleicht man nun die Formel der Cholsäure mit den Ausdrücken, welche der Cholalsäure und dem Leimzucker gehören, dann findet man, daß sich die Summe der Cholalsäure und des Leimzuckers nur durch Wenigergehalt zweier Aequivalente Wasser von der Cholsäure unterscheidet:

Cholsäure Cholalsäure Leimzucker.

$$NC^{52}\,H^{43}\,O^{12} = C^{48}\,H^{40}\,O^{10} + NC^{4}\,H^{5}\,O^{4} - 2HO.$$

Diese Betrachtungsweise hat Strecker auf die Choleinsäure, die, wie oben mitgetheilt wurde, bisher nicht rein gewonnen, also auch nicht analysirt werden konnte, und auf deren Zersetzungsprodukte übertragen. Das heißt, er hat die Formel der Choleinsäure abgeleitet aus den Formeln der Cholalsäure und des Taurins, von deren Summe er zwei Aequivalente Wasser abzog:

Choleinsäure. Cholalsäure. Taurin.

$$NC^{52}\,H^{45}\,O^{14}\,S^{2} = C^{48}\,H^{40}\,O^{10} + NC^{4}\,H^{7}\,O^{6}\,S^{2} - 2HO.$$

Mehre Analysen, die Strecker und früher schon Mulder mit Gemengen von cholsauren und choleinsauren Salzen ausgeführt haben, lassen diese Auffassung, die sich unmittelbar aus den genau bekannten Zersetzungsprodukten ergiebt, als völlig gerechtfertigt erscheinen.

Wenn man die Gallensäuren mit Säuren kocht, dann entstehen dieselben in Wasser löslichen Körper, wie bei der Behandlung mit Alkalien, statt der Cholalsäure jedoch die harzige Choloidinsäure und bei längerem Kochen Dyslysin. So spaltet sich denn die Cholsäure in Choloidinsäure und Leimzucker, die Choleinsäure in Choloidinsäure und Taurin.

Die Choloidinsäure, welche schon Demarcay kannte, ist nach Strecker in den Salzen isomer der Cholalsäure, von dieser aber verschieden insofern sie im freien Zustande ebensowohl wie in den Salzen durch die Formel $C^{48}\,H^{39}\,O^{39}$ ausgedrückt wird. Sie ist weiß, formlos, harzig und läßt sich zu Pulver zerreiben.

1) Strecker, a. a. O. Bd. LXVII, S. 32.

In Wasser und in Aether ist die Choloidinsäure wenig löslich, leicht dagegen in Alkohol, aus welchem sie durch Wasser sowohl, wie durch Aether anfangs milchig, dann harzig gefällt wird.

Choloidinsaure Alkalien sind löslich in Wasser und in Alkohol, nicht in Aether; die Salze der Erden und Metalloxyde lösen sich nicht in Wasser, wohl aber in Alkohol. Der Geschmack der choloidinsauren Verbindungen ist rein bitter ohne süßen oder süßlichen Nachgeschmack.

Beim längeren Kochen mit Säuren verwandelt sich die Choloidinsäure — also auch ihre Mutterkörper, die Cholsäure und die Choleinsäure, — in Dyslysin, dem Mulder die Formel C^{50} H^{36} O^{6}, Strecker C^{48} H^{36} O^{6} beilegt.

Dyslysin ist in Wasser, Alkohol, Säuren und Alkalien unlöslich, löslich dagegen in Aether. Wenn man es mit Kali schmelzt oder in einer alkoholischen Kalilösung kocht, dann verwandelt sich das Dyslysin unter Aufnahme von Wasser rückwärts in Choloidinsäure und nach den Beobachtungen von Berzelius und Mulder nachher in Cholalsäure.

Zur Darstellung der Choloidinsäure wird der durch Aether aus alkoholischer Gallelösung gewonnene harzige Niederschlag einige Stunden lang mit Salzsäure gekocht. Die harzige Masse wird in Alkohol gelöst und durch Aether gefällt, was man zur vollkommenen Reinigung wiederholen kann. — Dyslysin gewinnt man, indem man das Kochen mit der Säure länger fortsetzt, die harzige Masse mit Wasser und Alkohol wäscht, darauf in Aether löst und mit Alkohol fällt.

Alle beschriebene Gallensäuren, Cholsäure und Choleinsäure, Cholalsäure und Choloidinsäure besitzen die von Pettenkofer entdeckte Eigenschaft, daß sie in starker Schwefelsäure gelöst und mit einigen Tropfen Zuckerwasser versetzt erst kirschroth, dann purpurroth und zuletzt beim Stehen an der Luft purpurviolett werden. Obgleich diese Eigenschaft nach der wichtigen Beobachtung von M. S. Schultze nicht ausschließlich den Säuren der Galle zukommt, sondern auch den eiweißartigen Stoffen, den Horngebilden, den Knorpelzellen der wahren Knorpel und sogar dem Elain, so ist doch die Farbe bei den letztgenannten Stoffen minder rein, und namentlich die Röthung habe ich minder schön beobachtet. Es tritt indeß die Farbe bei der Oberhaut und den Nägeln z. B. immerhin so deutlich und schön auf, daß durch

jene Mittheilungen Schultze's die Pettenkofer'sche Prüfung auf Gallenbestandtheile an Werth nicht wenig eingebüßt hat.

Van den Broek hat zuerst mit großer Genauigkeit dargethan, daß die Galle auch ohne Zusatz von Zucker mit starker Schwefelsäure behandelt beim vorsichtigen Eintröpfeln von Wasser und fleißigem Umrühren die purpurviolette Farbe annimmt. Ich kann diese Angabe nach sehr häufigen Beobachtungen und als Zeuge der van den Broek'schen Versuche bestätigen. Der Versuch erfordert jedoch große Behutsamkeit. Auch hier muß also hervorgehoben werden, daß die Farbe mit Zucker leichter entsteht als ohne Anwendung desselben; um aber Zucker zu erkennen, besitzt die Probe mit Galle gar keinen Werth [1]). Ueberdies weiß man, daß der Zucker durch Essigsäure ersetzt werden kann [2]), obgleich nach Strecker nicht durch reine Essigsäure [3]).

In neuester Zeit hat van den Broek in der Galle von Kaninchen und in der Galle eines Hundes Zucker gefunden, er vermißte denselben jedoch bei anderen Kaninchen und in der Galle zweier Ochsen [4]). Vielleicht ist aber doch das Auftreten der Pettenkofer'schen Farbe mit bloßer Galle und Schwefelsäure durch diesen möglichen Zuckergehalt der Galle zu erklären. Jedenfalls kann man nicht läugnen, daß die Pettenkofer'sche Probe ohne Zucker bei der einen Galle besser gelingt als bei der anderen.

§. 10.

Durch den Umstand, daß choleinsaures Bleioxyd in Wasser nicht ganz unlöslich ist, zumal wenn das Wasser essigsaure Alkalisalze oder Bleiessig im Ueberschuß enthält, wird es erklärt, weshalb man durch neutrales und basisch essigsaures Blei die Gallensäure nicht vollständig fällen kann [5]). Man braucht nur das Blei durch Schwefelwasserstoff

1) Van den Broek, in den holländischen Beiträgen von van Deen, Donders und Moleschott, Bd. I, S. 182, 183.

2) Lehmann, a. a. O. Bd. I, S. 128.

3) Strecker, in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXVII, S. 48.

4) Van den Broek in Nederlandsch lancet. VI, p. 105—109.

5) Strecker, in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXV, S. 3 u. folg.

zu entfernen und die Flüssigkeit etwas einzudampfen, um durch basisch essigsaures Bleioxyd aufs Neue einen Niederschlag zu erhalten.

Berzelius nahm in dem Theil der Galle, der durch die Bleisalze nicht gefällt wird, einen indifferenten Gallenstoff, das Bilin an, welches sich vor allen Dingen durch seine leichte Zersetzbarkeit auszeichnen sollte. Das Bilin ist nach Berzelius und Mulder der Mutterkörper der harzigen Gallensäuren [1]).

Strecker hat diese abweichende Auffassung vollständig erklärt, indem er nachwies, daß eben nicht alle Choleinsäure durch basisch essigsaures Blei niedergeschlagen wird. Wenn man aus der Lösung, aus welcher die Bleiniederschläge entfernt wurden, das Blei durch Schwefelwasserstoff abscheidet und eindampft, dann hat man nur die übriggebliebene Choleinsäure wieder fällbar gemacht.

Das Bilin von Berzelius und Mulder ist nichts als ein Gemenge von choleinsaurem und cholsaurem Alkali.

Nach Berzelius und Mulder sollte sich das stickstoff- und schwefelhaltige Bilin schon in der Gallenblase in Cholinsäure und Fellinsäure zersetzen, diese Säuren aber mit Bilin gepaarte Säuren, Bilicholinsäure und Bilifellnsäure bilden. Auch die zwei letztgenannten Verbindungen sind Gemenge von Cholsäure und Choleinsäure. Die Fellinsäure von Berzelius ist Choloidinsäure, die Cholinsäure ein Gemenge von Choloidinsäure und Dyslysin [2]).

Strecker's Cholalsäure ist von Demarcay schon früher als Cholsäure beschrieben worden; auch Berzelius und Mulder behielten diesen Namen bei. Da Gmelin zuerst die schwefelfreie, stickstoffhaltige Gallensäure beschrieben und Cholsäure genannt hat, so ist von Strecker ganz mit Recht der Verbindung $NC^{52}\ H^{43}\ O^{12}$ auch jetzt der Name Cholsäure ertheilt. Abgesehen davon, daß nur derjenige, der einen Körper zuerst richtig beschreibt, das volle Recht hat, denselben zu taufen, sollte man die ursprünglichen Namen schon deshalb getreulich und dankbar fortführen, weil dadurch der unseligsten Verwirrung vorgebeugt wird. Deshalb scheinen mir auch die von Lehmann

1) Vgl. Mulder in den holländischen Beiträgen von van Deen, Donders und Moleschott, Bd. I, S. 146 und folg.

2) Strecker, a. a. O. Bd. LXVII, S. 27.

vorgeſchlagenen Namen: Glykocholſäure für die mit Leimzucker gepaarte und Taurocholſäure für die mit Taurin gepaarte Cholalſäure keine Empfehlung zu verdienen.

So iſt denn durch die vorzügliche Arbeit von Strecker Klarheit in eine Frage gekommen, über die noch vor Kurzem ein unentwirrbarer Streit zu herrſchen ſchien. Denn das iſt gerade das beſte Verdienſt in Strecker's Unterſuchungen, daß er, auf die Arbeit ſeiner großen Vorgänger billige Rückſicht nehmend, die abweichenden Auffaſſungen erklärt und zugleich durch die wichtigſten Beobachtungen die Wiſſenſchaft bereichert hat.

§. 11.

Außer den Salzen der Cholſäure und der Choleinſäure enthält die friſche Galle zwei Farbſtoffe, einen braunen, den Berzelius Cholepyrrhin, Simon Biliphäin nannte, und einen grünen, das Biliverdin von Berzelius.

Die Zuſammenſetzung dieſer Farbſtoffe iſt noch nicht hinlänglich erforſcht; Scherer und Hein haben jedoch nachgewieſen, daß beide Stickſtoff enthalten [1]).

Im Waſſer iſt ſowohl das Gallenbraun wie das Gallengrün unlöslich, dagegen wird das erſtere leicht in Alkohol und ſchwer in Aether, das letztere wenig in Alkohol und reichlich in Aether gelöſt. Der Aether wird durch das Gallengrün geröthet.

Das Gallenbraun iſt nach Hein nur wenig löslich in Ammoniak, in Kali ſowohl in der Kälte, wie in der Wärme, anfangs mit brauner, ſpäter mit grüner Farbe. In der alkaliſchen Löſung erzeugt Salzſäure einen grünen Niederſchlag. Gallenbraun iſt nach der Entdeckung Gmelin's der Körper, welcher die eigenthümliche Veränderung bedingt, welche friſche Galle auf den Zuſatz von Salpeterſäure erleidet. Das Cholepyrrhin wird nämlich durch Salpeterſäure, namentlich wenn man dieſe nach Brücke's Vorſchrift mit einigen Tropfen ſtarker Schwefelſäure verſetzt hat, erſt grün, dann für einen Augenblick blau, darauf violett, allmälig roth und zuletzt bräunlich gelb.

---

1) Hein in dem Journal für praktiſche Chemie, Bd. XL, S. 47 u. folg.

Gallengrün giebt nach Hein mit Ammoniak und mit Kali grüne Lösungen; ebenso wird es in Schwefelsäure oder Salzsäure mit grüner Farbe gelöst. Salpetersäure erzeugt am Gallengrün nicht die beim Gallenbraun beschriebene Farbenveränderung.

Nach Bramson und Lehmann [1]) ist der braune Farbstoff in der Galle an Natron oder an Kalk gebunden. Der Cholepyrrhinkalk ist unlöslich in Wasser, Alkohol und Aether; in der Galle ist diese Verbindung in choleinsaurem Natron gelöst.

In der Regel wird das Gallenbraun aus Gallensteinen dargestellt, indem man dieselben mit Wasser und Aether auswäscht. Allein auf diese Weise erhält man nach Bramson den in Alkohol unlöslichen Cholepyrrhinkalk. Manche Gallensteine scheinen jedoch das Gallenbraun in löslicher Form zu enthalten. Denn Hein bereitete sich aus Gallensteinen eine alkoholische Lösung, deren Rückstand an siedendes Aetzammoniak das Gallengrün abgab, während das Gallenbraun ungelöst zurückblieb.

Wenn man den alkoholischen Auszug der Ochsengalle mit Chlorbaryum fällt, den gewaschenen Niederschlag durch Salzsäure zerlegt, mit Wasser und vorsichtig mit Aether auswäscht, dann erhält man nach Berzelius gereinigtes Biliverdin. Berzelius schrieb seinem Biliverdin alle Eigenschaften des Blattgrüns zu und erklärte dasselbe für ein Umwandlungsprodukt des Cholepyrrhins [2]).

Einen dritten Farbstoff, der sich in Alkohol löst und aus diesem in rothgelben Krystallen ausgeschieden wird, hat Berzelius als Bilifulvin beschrieben.

Die Fette der Galle sind, wie Strecker bewiesen hat, immer neutral; die Galle enthält Elain und Margarin, aber keine Seifen [3]). Diese neutralen Fette und ebenso das Cholesterin, das zu den regelmäßigen Bestandtheilen der Galle gehört, sind in der choleinsauren Salzlösung der Galle gelöst (Strecker).

Unter den anorganischen Bestandtheilen der Galle herrscht ebenso wie im Magensaft das Kochsalz vor. Außerdem enthält jedoch die

---

1) Lehmann, a. a. O. Bd. II, S. 60.

2) Vgl. Berzelius in Rud. Wagner's Handwörterbuch, Bd. I, S. 522.

3) Strecker, a. a. O. Bd. LXVII, S. 45.

Galle in geringer Menge auch phosphorsaure und kohlensaure Alkalisalze, denen sie ihre schwach alkalische Reaction verdankt. Ich habe schon oben in der Lehre von der Verdauung bemerkt, daß ich nach meinen Beobachtungen die schwach alkalische Beschaffenheit der Galle mit Mulder [1]), Hlasiwetz [2]) und vielen anderen Forschern vertheidigen muß.

Phosphorsaure Erden sind in der Galle spärlich vertreten; die Gallensäuren sind jedoch nach Strecker nicht bloß an Natron und Kali, sondern auch an Ammoniak und Bittererde gebunden [3]).

Die Frage, ob die Galle schwefelsaure Salze enthält, ist nicht entschieden. Während Buchner der Jüngere und Lehmann die Gegenwart schwefelsaurer Salze bestimmt läugnen, wurden dieselben von Mulder [4]) und von Strecker [5]) mit ausdrücklicher Verwahrung gegen eine Verwechslung mit dem Schwefel der Choleinsäure angegeben.

Eisen und Kieselerde sind in der Galle vertreten. Die übrigen Metalle, die in das Blut übergehen können, werden vorzugsweise mit der Galle abgesondert, so das Mangan nach Weidenbusch, das Kupfer, das sowohl beim Rind, wie beim Menschen in der Galle gefunden wurde, nach Bertozzi, Heller, von Gorup-Besanez, Bramson, Orfila.

§. 12.

Daß die Mengenverhältnisse der einzelnen Gallenbestandtheile wenig untersucht sind, rührt offenbar daher, daß bis vor Kurzem so große Widersprüche über die Art der Stoffe sich in der Wissenschaft behaupten konnten. Die älteren von Berzelius gegebenen Zahlen

---

1) Mulder, Scheikundige onderzoekingen, Deel IV, p. 128.

2) Hlasiwetz in der Prager Vierteljahresschrift, Bd. IV, S. 33.

3) Strecker in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXVII, S. 42.

4) Mulder in den holl. Beiträgen von van Deen, Donders und Moleschott, Bd. I, S. 149.

5) Strecker in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXXIII, S. 340.

veranſchaulichen indeß einigermaaſſen die Menge der Hauptkörper; ſie beziehen ſich auf hundert Theile Ochſengalle:

„Gallenſtoff“	8,00
Schleim	0,30
Alkali, das mit dem Gallenſtoff verbunden war	0,41
Kochſalz, milchſ. Alkali (?), Extractivſtoffe	0,74
Phosphorſ. Natron, phosphorſ. Kalk	0,11
Waſſer	90,44.

Von Gorup-Beſanez fand in 100 Theilen der Galle eines zwölfjährigen Knaben 17,19, in 100 Theilen der Galle eines Greiſes 9,13 feſter Beſtandtheile.

Nach der Analyſe von Weidenbuſch [1]) beſitzt die Aſche der Ochſengalle folgende Zuſammenſetzung:

In 100 Theilen Aſche

Chlorkalium	27,70
Kali	4,80
Natron	36,73
Kalk	1,43
Bittererde	0,53
Eiſenoxyd	0,23
Manganoxyd-Oxydul	0,12
Phosphorſäure	10,45
Schwefelſäure	6,39
Kohlenſäure	11,26
Kieſelſäure	0,36.

Nach Frerichs enthält die Menſchengalle von 0,20 bis 0,25 Procent Kochſalz, nach Theyer und Schloſſer die Rindsgalle ſogar 3,56 Procent.

§. 13.

Wenn man ſich an die Zuſammenſetzung der Gallenſäure und der geſchwefelten Gallenſäure hält, um die Entwicklung derſelben zu be-

1) Erdmann und Marchand, Journal Bd. XLVIII, S. 58.

urtheilen, so ergiebt sich aus dem Stickstoffgehalt beider und aus dem Schwefelgehalt der letzteren, daß die Eiweißstoffe des Bluts nothwendiger Weise an der Bildung jener wesentlichsten Gallenstoffe betheiligt sind.

Andererseits sieht man aus dem hohen Kohlenstoff- und Wasserstoffgehalt im Vergleich zum Sauerstoff wie zum Stickstoff, daß außer den Eiweißkörpern Verbindungen, die reich sind an Kohlenstoff und Wasserstoff, zur Entwicklung der Gallensäuren erfordert werden. Die eiweißartigen Stoffe des Bluts müssen sich verbinden mit Körpern, die im Stande sind die Aequivalent-Zahlen des Stickstoffs und des Sauerstoffs so viel herabzudrücken, wie dies in den Erzeugnissen der Verbindung, in den Gallensäuren, wirklich geschehen ist. Vergleichen wir, um dies zu veranschaulichen, nur das Verhältniß, in welchem Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff durchschnittlich in den Eiweißkörpern vertreten sind,

$$N^5\ C^{40}\ H^{30}\ O^{12},$$

mit der Cholsäure . $N\ C^{52}\ H^{43}\ O^{12}$ und

mit der Choleinsäure $N\ C^{52}\ H^{45}\ O^{14}\ S^2$.

Damit die geschwefelte Gallensäure erzeugt werde, ist es unumgänglich nothwendig, daß nicht nur der Gehalt an Kohlenstoff und Wasserstoff, sondern namentlich auch der Gehalt an Schwefel in den eiweißartigen Verbindungen sich erhöhe.

Wenn wir uns nun im Blut nach Stoffen umsehen, die im Vergleich zu einem niedrigen Sauerstoffgehalt viel Kohlenstoff und Wasserstoff besitzen, dann begegnen wir nur den Fetten. Der Schwefel aber kann nur in schwefelsauren Salzen oder in untergehenden Eiweißkörpern seinen Ursprung finden.

Um es kurz zu sagen, die eiweißartigen Stoffe können nur dadurch Mutterkörper der Gallensäuren werden, daß sie sich mit Fett und für die Choleinsäure zugleich mit dem Schwefel schwefelsaurer Blutsalze oder untergehender Eiweißkörper verbinden.

Ob diese Möglichkeit auf dem bezeichneten Wege zur Wirklichkeit wird, darüber kann nur die Zusammensetzung des Bluts entscheiden, das in die Leber eintritt, um die Baustoffe der Galle zu liefern, verglichen mit dem Blut, das die Leber verläßt, nachdem es in diesem Werkzeug verarbeitet wurde.

Das Blut der Pfortader, welches der Leber zuſtrömt, enthält noch mehr Eiweiß und namentlich mehr Faſerſtoff (Lehmann) und mehr Oelſäure (F. C. Schmid) als das Blut, das durch die Lebervene die Leber verläßt. Ja ſehr oft enthält das Lebervenenblut nach Lehmann gar keinen Faſerſtoff. Dagegen fand dieſer thätige Forſcher die Menge der ſchwefelſauren Salze, im Widerſpruch mit Schmid, in dem Blut der Pfortader nicht höher als in dem Blut der Lebervene [1]).

Alſo ſehen wir wirklich diejenigen Stoffe aus dem in der Leber verarbeiteten Blute verſchwinden, deren Mitwirkung an der Gallenbildung aus der Zuſammenſetzung der Gallenſäuren abgeleitet wurde. Ein Theil des Eiweißes, beinahe der ganze Faſerſtoffgehalt und eine große Menge Oelſäure, die in dem Pfortaderblut vorhanden waren, werden nicht mehr mit dem Blut der Lebervene, ſondern nachdem ſie in Beſtandtheile der Galle verwandelt wurden, durch den Gallengang abgeführt.

Freilich enthält auch der Faſerſtoff nur wenig Schwefel, und es muß alſo viel Faſerſtoff ſeinen Schwefel abtreten, wenn genug Schwefel für die Choleinſäure verwendbar ſein ſoll. Dadurch wird aber auch eine Menge Stickſtoff und Sauerſtoff umgeſetzt, welche ſich in den Gallenſäuren, die verhältnißmäßig ſo arm an Stickſtoff und Sauerſtoff ſind, nicht wiederfindet. Deshalb iſt es ſehr bemerkenswerth, daß in der Lebervene die Hüllen der Blutkörperchen, die jedenfalls zum Theil in der Leber gebildet ſind, nach Lehmann [2]) keinen Schwefel enthalten ſollen. Für dieſe Hüllen wäre alſo ein Theil des Faſerſtoffs oder des Eiweißes verbraucht, der ſeinen Schwefel an die werdende Choleinſäure abtrat. Und hier darf zugleich die Quelle des Phosphors geſucht werden für einen Theil des phosphorhaltigen Fetts, das im Blut, in Hirn und Leber auftritt (vgl. oben S. 249, 382 u. 384).

Ob das Gallenbraun, wie ſchon Schultz glaubte, aus dem Farbſtoff des Bluts hervorgeht, iſt zwar durch Uebergangsſtufen, welche Virchow zwiſchen ſeinem Hämatoidin und dem Farbſtoff der Galle beobachtet zu haben glaubt, wahrſcheinlich geworden. Um jedoch

1) Lehmann, a. a. O. Bd. II, S. 87, 88, 101, 228, 236.

2) A. a. O. S. 89, 101.

dieſe Frage entſcheiden zu können, müßte vor allen Dingen die Conſtitution der Gallenfarbſtoffe genauer bekannt ſein.

Aus den Fettſeifen des Bluts können die neutralen Fette der Galle in derſelben Weiſe, wie in den Geweben gebildet werden. Das Choleſterin des Bluts ſchwitzt unverändert in die Leberzellen über.

Der reichliche Waſſergehalt der Galle erklärt, warum das Lebervenenblut bedeutend an Waſſer verarmt gefunden wird. Selbſt nach reichlichem Trinken iſt das Lebervenenblut nur wenig reicher an Waſſer als vorher, während das Pfortaderblut, das ſich immer durch Waſſerreichthum auszeichnet, eine ſehr beträchtliche Vermehrung zeigt (Schultz, Simon, Schmid).

In dem Blut der Pfortader überſteigt der Salzgehalt bedeutend den des Lebervenenbluts, wie dies die drei letztgenannten Forſcher übereinſtimmend gefunden haben. Das Alkali, mit welchem die Gallenſäuren verbunden ſind, ſtammt zu einem großen Theile von dem Natronalbuminat und den Fettſeifen, zu einem anderen Theile vom kohlenſauren Alkali des Pfortaderbluts ab [1]). Aus dieſem Geſichtspunkt iſt es doppelt wichtig, daß nach Strecker's maaßgebenden Unterſuchungen die Galle ſelbſt nur neutrale Fette, keine Fettſeifen enthält.

Aus welchen Stoffen des Bluts die weſentlichen Beſtandtheile der Galle hervorgehen, kann nach der obigen Erörterung nicht mehr zweifelhaft ſein. Es fragt ſich bloß, wo dieſe Bildung geſchieht, ob in dem Blut, oder in den Leberzellen.

Von allen Gründen, die man zum Theil mit großem Scharfſinn für oder gegen die Entſtehung der Gallenſäuren im Blut vorgebracht hat, iſt nur Einer entſcheidend. Es handelt ſich um nichts weiter als um die Frage, ob die Gallenſäuren regelmäßig im geſunden Blut vorkommen oder nicht.

In dem Blute eines an Leberentzündung erkrankten, kräftigen jungen Mannes habe ich Choleinſäure, Choloidinſäure und Gallenbraun gefunden, trotzdem daß die übrigen Krankheitserſcheinungen bewieſen, daß der Entleerung der Galle in den Darm kein Hinderniß entgegenſtand. Enderlin fand kürzlich Cholſäure und Choloidinſäure im

1) Vgl. H. Naſſe in R. Wagner's Handwörterbuch, Bd. I, S. 191.

Blut einer Schwangeren. Beide Beobachtungen scheinen dafür zu sprechen, daß die Gallensäuren unter regelrechten Verhältnissen im Blut entstehen und die Choleinsäure und die Cholsäure nur deshalb in jenen Fällen zur Beobachtung kamen, weil die Leber, die sich auch in den letzten Monaten der Schwangerschaft nicht selten in einem krankhaften Zustande befindet, als absonderende Drüse der Menge der im Blut gebildeten Gallenstoffe nicht nachzukommen vermag. Um so wichtiger ist es, daß Enderlin in dem Blute eines gesunden Ochsen Cholsäure nachzuweisen vermochte [1]). Die Choloidinsäure, die auch in diesem Falle beobachtet wurde, ist gewiß ein Zersetzungsprodukt der Cholsäure oder der Choleinsäure, das nicht im lebenden Blut gebildet wurde.

Nach diesen Thatsachen scheint mir die Entwicklung der Gallensäuren im Blut selbst ausgemacht. Wenn Lehmann in dem Blut der Pfortader keine Gallenbestandtheile auffinden konnte [2]), so läßt sich das recht gut erklären. Denn erstlich ist es durchaus nicht nothwendig, daß die Menge der abzusonderenden Stoffe in der Pfortader vermehrt sei, und zweitens mag die Menge des untersuchten Pfortaderbluts zu klein gewesen sein, um die Gallensäuren wirklich aufzufinden. Wie oft und wie lange hat man sich nicht früher vergeblich bemüht, den Harnstoff im Blut nachzuweisen, dessen Anwesenheit in demselben jetzt allem Zweifel überhoben ist.

Demnach sind die wesentlichen Stoffe der Galle in demselben Falle wie die des Eis und des Samens, und namentlich wie der Käsestoff der Milch. Und wenn der Speichelstoff und der Dauungsstoff scharf genug charakterisirt wären, würde sich höchst wahrscheinlich auch für diese ein Gleiches ergeben.

So verschwindet das Reich jenes geheimnißvollen katalytischen Einflusses immer mehr und mehr, in Folge dessen den feinsten Formbestandtheilen der Drüsen die bildende Kraft für die abgesonderten Stoffe innewohnen sollte. Der Stoffwechsel, den der Sauerstoff und andere chemische Factoren anregen, findet in den verschiedensten Abschnitten des Körpers statt. Die Blutbahn ist die große Heerstraße, welche alle Erzeugnisse jenes Stoffumsatzes durchwandern. Und die

1) Enderlin in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXXV, S. 171.
2) Lehmann, a. a. O. Bd. II, S. 77, 81.

Drüſenelemente ziehen jene fertig gebildeten Stoffe an, ganz ebenſo wie die Knorpel ihre Verwandtſchaft zum Kochſalz, die Muskeln ihre Anziehungskraft für das Chlorkalium bethätigen.

§. 14.

Die große Mehrzahl der bis jetzt unterſuchten Thiere beſitzt eine Galle, welche ebenſo wie die der Rinder aus einem Gemenge von choleinſauren und cholſauren Salzen beſteht.

Unter den Säugethieren enthält die Schaafgalle ſehr viel choleinſaures und wenig cholſaures Natron, ja in der Hundegalle iſt nach Strecker ſogar nur choleinſaures Natron vorhanden [1]).

Von den Vögeln iſt nur die Galle der Gänſe unterſucht, und auch in dieſer ſoll nach Marſſon's Verſuchen die Choleinſäure vorherrſchen.

Die Galle von **Boa anaconda** wird gleichfalls vorzüglich durch choleinſaures Alkali gebildet. Die Aſche derſelben beſteht faſt ganz aus ſchwefelſaurem Natron, Chlornatrium und phosphorſaurem Natron (Schlieper) [2]).

Beim Kochen der Fiſchgalle mit Baryt zerfiel dieſelbe beinahe ganz in Cholalſäure und Taurin, neben welchen nur Spuren von Leimzucker entſtanden. So ergab es ſich bei Strecker's Unterſuchungen für **Pleuronectes maximus**, **Gadus morrhua**, **Esox lucius** und **Perca fluviatilis**. Alſo iſt auch die Fiſchgalle hauptſächlich aus choleinſauren Salzen zuſammengeſetzt.

In der Schweinegalle ſind die Cholſäure und die Choleinſäure durch zwei andere Säuren erſetzt, die in vielen weſentlichen Eigenſchaften, namentlich in der Spaltung, welche ſie beim Kochen mit Alkalien erleiden, den beiden Gallenſäuren der übrigen Thiere entſprechen.

Bisher iſt jedoch nur die ſchwefelfreie Säure der Schweinegalle genauer unterſucht. Gundelach und Strecker nannten ſie Hyo-

---

1) Vgl. Strecker in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXX, S. 178 u. folg.

2) Schlieper, in derſelben Zeitſchrift, Bd. LX, S. 109—112.

cholinsäure [1]) und fanden dieselbe nach der Formel $NC^{54}H^{43}O^{10}$ zusammengesetzt.

Die Hyocholinsäure ist weiß, harzartig, unlöslich in Wasser und Aether, leicht löslich dagegen in Alkohol. Mit starker Schwefelsäure und Zucker giebt sie dieselbe Farbenerscheinung wie die Säuren der Ochsengalle.

Mit den Alkalien bildet die Hyocholinsäure nicht krystallisirbare, in Wasser und Alkohol lösliche, in Aether unlösliche Salze, die rein bitter schmecken. Kochsalz, Salmiak, schwefelsaure Alkalien scheiden die hyocholinsauren Salze ganz nach Art der Seifen in wässerigen Lösungen aus. Andere Säuren schlagen die Hyocholinsäure aus den Alkalisalzen nieder. Mit Kalk, mit Bittererde und Baryt bildet dieselbe in Wasser unlösliche oder doch sehr schwer lösliche Salze. Durch Bleizucker wird die Hyocholinsäure aus ihren löslichen Salzen gefällt.

Um die Hyocholinsäure zu bereiten, schlägt man nach Gundelach und Strecker die Schweinegalle nieder durch schwefelsaures Natron, löst den Niederschlag in Alkohol und entfärbt die Lösung durch Thierkohle. Da Aether die hyocholinsauren Alkalisalze aus der alkoholischen Lösung fällt, so wird dieses Mittel benützt, um das Natronsalz zu reinigen, das schließlich mittelst Salzsäure zerlegt wird. Der harzige Niederschlag kann durch Auflösung in Alkohol und Fällung durch Wasser völlig gereinigt werden.

Wenn die Hyocholinsäure 24 Stunden lang unter Ersetzung des Wassers mit Alkalien gekocht wird, dann zerfällt sie in eine der Cholalsäure entsprechende Säure, welche Strecker Hyocholalsäure genannt hat [2]), und in Leimzucker.

Die Hyocholalsäure, $C^{50}H^{40}O^{8}$ nach Strecker, ist in Wasser nur unbedeutend, reichlich in Alkohol, weniger leicht in Aether löslich. Sie besitzt wenig Neigung zu krystallisiren; aus verdünnter alkoholischer Lösung wird sie indeß durch Wasserzusatz, namentlich wenn etwas Aether zugegen ist, bisweilen in kleinen Krystallen erhalten, die unter dem Mikroskop als sechsseitige Tafeln erscheinen.

---

1) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXII, S. 205 und folg., Bd. LXX, S. 179.

2) Strecker, a. a. O. Bd. LXX, S. 192 u. folg.

Hyocholalsaure Alkalien sind löslich in Wasser, werden aber durch starke Kalilauge oder kohlensaures Kali aus der Lösung ausgeschieden. Die Lösung der Hyocholalsäure in Ammoniak giebt mit Kalk- und Barytsalzen und mit fast allen Lösungen schwerer Metalloxyde flockige Niederschläge.

Dargestellt wurde die Hyocholalsäure von Strecker, indem er die mit Kali gehörig gekochte Schweinegalle durch Salzsäure zersetzte, die harzig ausgeschiedene Säure mit Wasser wusch und in Aether löste. Aus diesem schied sich die Hyocholalsäure beim langsamen Verdunsten in einem bedeckten hohen Gefäße in weißen, rundlichen Krystallen von der Größe eines Stecknadelkopfes aus.

Vergleicht man die Zusammensetzung der Hyocholinsäure mit der des Leimzuckers und der Hyocholalsäure, dann ergiebt sich für die Spaltung, welche jene durch Alkalien erleidet, folgende Gleichung:

Hyocholinsäure Hyocholalsäure Leimzucker

$$NC^{54}H^{43}O^{10} = C^{50}H^{40}O^{8} + NC^{4}H^{5}O^{4} - 2HO.$$

Die Spaltung entspricht also ganz der Zersetzung der Cholsäure in Cholalsäure und Leimzucker.

Außer dem Leimzucker liefert die Schweinegalle, wie van Heyningen und Scharlee in Mulder's Laboratorium nachgewiesen haben und Strecker seinerseits bestätigt fand, auch ein schwefelhaltiges Zersetzungsprodukt, dessen Eigenschaften mit dem Taurin übereinstimmen [1]). Dies hat Strecker veranlaßt, in der Schweinegalle neben der Hyocholinsäure eine schwefelhaltige Hyocholeinsäure anzunehmen, deren Formel er ebenso, wie früher die der Choleinsäure aus Cholalsäure und Taurin, aus Hyocholalsäure und Taurin ableitet:

Hyocholeinsäure Hyocholalsäure Taurin

$$NC^{54}H^{45}O^{12}S^{2} = C^{50}H^{40}O^{8} + NC^{4}H^{7}O^{6}S^{2} - 2HO.$$

Aus dem geringen Schwefelgehalt, den Bensch, Gundelach und Strecker und auch van Heyningen und Scharlee [2]) in den or-

1) Van Heyningen und Scharlée in Mulder's Scheik. Onderz. Deel V, p. 115, 116; Strecker, a. a. O. S. 183, 185, 187.

2) Scheikundige Onderzoekingen, Deel V, p. 121, 126, 131.

ganiſchen Gallenſtoffen der Schweinegalle fanden, ergiebt ſich, daß die Schweinegalle, abgeſehen von der Verſchiedenheit der Beſtandtheile, das gerade Gegentheil der übrigen Thiergallen darſtellt, inſofern in ihr die ſchwefelfreie Säure weitaus über die ſchwefelhaltige vorherrſcht. Nach der Elementaranalyſe, welche van Heyningen und Scharlee mit dem Bleiniederſchlag der Schweinegalle vornahmen, berechnet Strecker unter Vorausſetzung der oben angegebenen Formel für die Hyocholeinſäure, daß das Bleiſalz auf 19 Aequivalente hyocholinſaures Bleioxyd 1 Aeq. hyocholeinſaures Blei enthielt.

Beim Kochen der Hyocholinſäure mit Salzſäure liefert dieſelbe Leimzucker und nach der Bildung einiger nicht näher unterſuchter Zwiſchenprodukte einen dem Dyslyſin der Ochſengalle ähnlichen Körper, der in Waſſer, Alkohol und Ammoniak unlöslich, in Aether dagegen und in kalihaltigem Alkohol löslich iſt [1]). Strecker fand jedoch das Dyslyſin der Schweinegalle anders zuſammengeſetzt als das der Ochſengalle, und zwar nach der Formel $C^{50}H^{38}O^{6}$.

Endlich hat Strecker in der Schweinegalle bei vorläufiger Unterſuchung eine kräftige, ſchwefelhaltige, organiſche Baſis gefunden, die ſich mit Schwefelſäure und auch mit Kohlenſäure verbindet. Dieſes Alkaloid iſt ſowohl in den Salzen, wie im freien Zuſtande in Waſſer löslich, kryſtalliſirt in Nadeln beim Abdampfen der wäſſerigen Löſung und wird aus dieſer durch Alkohol gefällt [2]). Zu einer Elementaranalyſe war die Menge, welche Strecker von dieſer Baſe erhielt, zu klein.

In einer früheren Unterſuchung, bei welcher auf den Schwefelgehalt und die Hyocholeinſäure der Schweinegalle noch keine Rückſicht genommen war, fanden Gundelach und Strecker für die Mengenverhältniſſe der einzelnen Stoffe der Schweinegalle nach Entfernung des Farbſtoffs und des Kochſalzes folgende Zahlen [3]):

---

1) Strecker, a. a. O. Bd. LXX, S. 189, 190.

2) Strecker, a. a. O. Bd. LXX, S. 196, 197.

3) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXII, S. 209.

In 100 Theilen

Hyocholinſaures Natron	8,38
Fett, Choleſterin und etwas hyocholinſ. Natron .	2,23
Schleim	0,59
Waſſer	88,80.

Nach der Farbe zu urtheilen, herrſcht in der Galle der Säugethiere das Gallenbraun, in der von Vögeln, Amphibien und Fiſchen das Gallengrün vor. Trotzdem kann man an der Galle von Fröſchen die Farbenveränderung durch Salpeterſäure ſehr ſchön hervorrufen.

Wir haben früher bei den Pflanzen geſehen, daß häufig die Art der Pflanze die Eigenthümlichkeit des Bodens überwindet, in der Weiſe, daß Pflanzen, die auf natronreichem und kaliarmem Boden wachſen, viel Kali und wenig Natron enthalten. Ganz in derſelben Weiſe behauptet die Galle in gewiſſen Grenzen bei verſchiedenen Thierarten eine in die Augen fallende Unabhängigkeit von der Nahrung. So fand Strecker in der Hundegalle immer nur choleinſaures Natron, der Hund mochte thieriſche oder pflanzliche Nahrung genoſſen haben, und die Galle der Schaafe ſteht im Verhältniß des cholſauren zum choleinſauren Natron derjenigen der Schlangen und Seefiſche weit näher als der Galle des Ochſen. So hat ferner Strecker in der Galle der Seefiſche verhältnißmäßig mehr Kali, in der Galle der Flußfiſche mehr Natron gefunden. Ja die Rindsgalle enthält neben ihrem Reichthum an Natron nur Spuren von Kali [1]). Die Verwandtſchaft der Art ſiegt über die Gelegenheit der Nahrung.

Andererſeits läßt ſich jedoch nicht verkennen, daß in Einem und demſelben Thiere auch die Nahrung ihren Einfluß geltend macht. So ſoll namentlich ſtickſtoffreiche Koſt die Galle zugleich vermehren und verdichten [2]). Thiere, die mit vielem Fett gefüttert wurden, liefern nach Bidder und Schmidt weniger Galle als ſolche, die möglichſt mageres Fleiſch bekamen. Man ſieht hieraus, daß die eiweißartigen

1) Strecker, a. a. O. Bd. LXX, S. 176, 177.

2) Lehmann, a. a. O. Bd. II, S. 63.

Verbindungen zur Entwicklung der Gallenſäuren wichtiger ſind als die Fette.

Die Vermehrung der Gallenabſonderung, welche jede Mahlzeit zur Folge hat, beginnt nach Bidder und Schmidt etwa zwei Stunden nach genoſſener Nahrung und erreicht 8—10 Stunden ſpäter ihren Höhepunkt.

Bei längerem Hungern wird weniger, aber dichtere Galle abgeſondert (Bidder und Schmidt). Es iſt indeß durch zahlreiche Beobachtungen bekannt, daß während der Inanitiation die Gallenabſonderung unter allen Abſonderungen am kräftigſten fortdauert. Bei Fröſchen, die den ganzen Winter hindurch gehungert haben, finde ich die Gallenblaſe immer vollſtändig mit dichter grüner Galle angefüllt [1]).

Der Bauchſpeichel.

§. 15.

Der Saft der Bauchſpeicheldrüſe beſitzt, wie die neueren Unterſuchungen, unter denen beſonders die von Bernard hervorzuheben iſt, übereinſtimmend lehren, eine alkaliſche Reaction [2]).

Wenn man geſunden Bauchſpeichel unterſucht bei Thieren, die nicht zu ſehr durch die blutigen Eingriffe gelitten haben, dann iſt derſelbe, wie es ſchon früher Tiedemann und Gmelin und neulich Bernard angegeben, klebrig, ſyrupartig, und in der Hitze gerinnt er ſo vollſtändig, als wenn man es mit Eiweiß zu thun hätte. Ebenſo iſt der Bauchſpeichel in dieſen Tagen von Colin beſchrieben worden [3]). In Folge eingetretener Entzündung verliert der Bauchſpeichel ſeine Klebrigkeit, er gerinnt nicht mehr in der Wärme und wird in bedeutend größerer Menge abgeſondert. Nach dieſen Anga-

1) Vgl. meine Phyſiologie der Nahrungsmittel, Darmſtadt 1850, S. 71.

2) Bernard in ſeiner vortrefflichen Abhandlung in den Annal. de chim. et de phys., 3e sér. T. XXV, p. 476 und Jacubowitſch in Müller's Archiv, Jahrgang 1844, S. 363.

3) Comptes rendus, T. XXXII, p. 374, 375.

den Bernard's, die Colin beſtätigt, hatten es weder Frerichs, noch Bidder und Schmidt mit geſundem Bauchſpeichel zu thun. Daher die Widerſprüche zwiſchen dieſen Forſchern und den franzöſiſchen Phyſiologen (vgl. oben S. 206).

Der Hauptbeſtandtheil des Bauchſpeichels iſt nach Bernard ein eiweißähnlicher Stoff, der nicht nur durch Hitze, ſondern auch durch ſtarke Mineralſäuren (Salpeterſäure, Salzſäure, Schwefelſäure) gerinnt, nicht aber durch verdünnte Salzſäure, Eſſigſäure oder Milchſäure. Durch Metallſalze, Holzgeiſt, Alkohol wird dieſer Stoff gefällt. Er unterſcheidet ſich aber weſentlich vom Eiweiß, inſofern dieſes, wie zuerſt Chevreul durch genaue Verſuche erwieſen [1]), nach der Fällung durch Alkohol in Waſſer nicht, der Bauchſpeichelſtoff dagegen wohl gelöſt wird. In Alkalien iſt der geronnene Bauchſpeichelſtoff, wie alle eiweißartige Körper, löslich. Dieſe Eigenſchaften beobachtete Bernard am Bauchſpeichelſtoff von Pferden, Kaninchen, Tauben und anderen Vögeln [2]).

Nach Bernard enthält der Bauchſpeichel Margarin, das ſich bei der Zerſetzung ebenſo wie die Fette, welche man mit dem Bauchſpeichel miſcht, in Margarinſäure und Glycerin zerlegt. Außerdem enthält der Bauchſpeichel ein butterartiges Fett.

Tiedemann und Gmelin haben im Bauchſpeichel einen in Alkohol löslichen Extractivſtoff beobachtet, der ſich durch Chlor erſt roth und nach einigen Stunden violett färbte.

Die Unterſuchungen von Tiedemann und Gmelin und die von Frerichs ergaben übereinſtimmend Chlor, Phosphorſäure, Natron und Kali als die vorherrſchenden anorganiſchen Beſtandtheile des Bauchſpeichels. Neben dieſen waren jedoch in geringer Menge auch kohlenſaure und ſchwefelſaure Alkalien, kohlenſaure und phosphorſaure Erden zugegen.

Für die Mengenverhältniſſe der Beſtandtheile des Bauchſpeichels halte ich mich an die Zahlen von Tiedemann und Gmelin,

---

1) Annal. de chim. et de phys., 2e série T. XIX, p. 43, 44; 1821.

2) Bernard, a. a. O. S. 477, 478.

weil dieſe Forſcher nach Bernard's Angaben einen geſunden Bauchſpeichel vor ſich hatten:

In 100 Theilen.	Bauchſpeichel des Hundes.	Bauchſpeichel des Schaafs.
Eiweißartiger Bauchſpeichelſtoff . .	3,55	2,24
In Alkohol lösliche Stoffe . . .	3,86	1,51
In Waſſer lösliche Stoffe . . .	1 53	0,28
Waſſer	91,72	96,35

Der Darmſaft.

§. 16.

Nach den neueſten Unterſuchungen von Frerichs wird der Darmſaft vorzugsweiſe von den ſchlauchförmigen Drüſen geliefert, welche den ganzen Darmkanal vom Pförtner bis zum After dicht beſetzt halten, in ihrem Bau überall gleich bleiben, an Größe jedoch gegen den Dickdarm zu allmälig zunehmen [1]).

Frerichs verſchaffte ſich den Darmſaft, indem er bei Katzen und Hunden behutſam hervorgezogene Darmſchlingen durch vorſichtiges Streichen vom Inhalt entleerte, dann eine 4—8 Zoll lange Schlinge oben und unten unterband und wieder in die Bauchhöhle zurückbrachte. Nach 4 bis 6 Stunden wurden die Thiere getödtet.

Auf dieſe Weiſe erhielt Frerichs einen glasartig durchſichtigen, farbloſen, zähen Saft, der im ganzen Darmkanal, im Dünndarm wie im Dickdarm, ſtark alkaliſch reagirte. In Waſſer ließ ſich die zähe Flüſſigkeit nur ſchwer vertheilen. Nach dem Filtriren wurde die Löſung in der Siedhitze opaliſirend, etwas ſtärker durch Eſſigſäure, ohne durch überſchüſſige Säure gelöſt zu werden. Alkohol, Gerbſäure, Metallſalze gaben ſtärkere Niederſchläge.

---

1) Frerichs in ſeinem Artikel: Verdauung in R. Wagner's Handwörterbuch, Bd. III, S. 851.

Der Darmſaft iſt begreiflicher Weiſe immer mit vielem Schleim vermiſcht. Nach Frerichs enthält er auch Fett, Chlornatrium, phosphorſaure und ſchwefelſaure Alkalien, nebſt phosphorſauren Erden.

Nachſtehende Zahlen rühren von Frerichs her:

In 1000 Theilen	
Unlöslicher Schleimſtoff mit Zellenkernen und Zellen	8,70
Löslicher Schleimſtoff und Extractivſtoffe	5,40
Fett	1,95
Salze	8,40
Waſſer	950,55.

Dieſer Darmſaft war dem Colon entnommen.

Beſondere Abſonderungen.

§. 17.

Die beſonderen Abſonderungen verſchiedener Thiere, welche namentlich bei Wirbelloſen von Talg- und Schleimdrüſen, von Kalk- und Luftdrüſen, von Gift- und Spinndrüſen in ſo großer Anzahl geliefert werden, ſind leider größtentheils chemiſch ſo wenig unterſucht, daß ich in dieſes Buch eine vergleichend-anatomiſche Schilderung jener Drüſen eindrängen müßte, um auch nur in den allgemeinſten Zügen die Bedeutung der betreffenden Abſonderungen klar zu machen.

Genauer kennt man dagegen die Seide, den fliegenden Sommer, das Wachs und die Cochenille, die deshalb hier in der Kürze beſprochen zu werden verdienen.

Für den Satz, daß ähnlich gebaute Werkzeuge eine ähnliche Verrichtung beſitzen, iſt es von hoher Bedeutung, daß die Seide, welche die zwei ſeitlichen Spinngefäße der Seidenraupe abſondern, in ihren weſentlichen Beſtandtheilen übereinſtimmt mit dem ſogenannten fliegenden Sommer oder den Herbſtfäden, welche Latreille jungen Spinnen der Gattungen Epeira und Thomisus zuſchreibt.

Beide, dieſe Herbſtfäden und die Seide enthalten nach Mulder als eigenthümlichſten Beſtandtheil einen dem Faſerſtoff ähnlichen Körper, den Mulder aus der Seide dargeſtellt hat, um ihn der Elementaranalyſe zu unterwerfen. Mulder nannte den Stoff Seidenfibrin oder Fibroin.

Die Zuſammenſetzung des Fibroins entſpricht nach Mulder der Formel $N^6 C^{39} H^{31} O^{16}$ (1). Im trocknen Zuſtande bleibt das Fibroin fädig, ohne wie der Faſerſtoff des Bluts zu verſchrumpfen.

Waſſer, Alkohol und Aether löſen das Fibroin nicht auf, ebenſowenig Ammoniak, Eſſigſäure oder verdünnte Salzſäure. In Salpeterſäure wird es gelöſt, ohne Fourcroy's gelbe Säure, in ſtarker Salzſäure, ohne die violette Färbung von Bourdois und Caventou zu erzeugen. In ſtarker Schwefelſäure wird es mit hellbrauner Farbe gelöſt, die beim Erhitzen ſchön roth und endlich braun oder ſchwarz wird; dabei entwickelt ſich ſchweflichte Säure. Verdünntes Kali löſt das Fibroin nicht auf, wohl aber ſtarke Kalilauge zumal beim Kochen; auf Zuſatz von Waſſer entſteht ein flockiger Niederſchlag. Schwefelſäure fällt das Fibroin aus der Kalilauge in Geſtalt dünner Fäſerchen (2). An dem Fibroin der Herbſtfäden beobachtete Mulder dieſelben Eigenſchaften (3).

Um das Fibroin zu bereiten, braucht man nach Mulder die Seide nur mit ſtarker Eſſigſäure auszukochen, dann bleiben die reinen Faſern des Fibroins zurück (4).

Außer dem Fibroin, das den Kern bildet, enthalten nämlich die Fäden des fliegenden Sommers ſowohl wie die der Seide zunächſt eine Eiweißhülle, um die Eiweißſchichte eine Scheide, die aus fertiggebildetem Leim beſteht, und ſchließlich einen Ueberzug von Wachs und Fett, der Seide und Herbſtfäden befähigt äußeren Einflüſſen ſehr dauernd zu widerſtehen.

Es verdient Beachtung, daß Mulder in dem Eiweiß der Seide, wenigſtens durch die Prüfung mit Silber (vgl. oben S. 84, 85), keinen Schwefel entdecken konnte (5), und daß er den Leim in Zeit von einer Stunde durch kochendes Waſſer ausziehen konnte (6). Letzteres

---

1) Mulder en Wenckebach, Natuur- en Scheikundig Archief, Jaargang 1836, p. 284, und Scheikundige Onderzoekingen, Deel II, p. 12.

2) Mulder in derſelben Zeitſchrift, 1835, S. 104, 105.

3) Ebendaſelbſt, 1836 p. 321.

4) Ebendaſelbſt, 1836 p. 312.

5) Ebendaſelbſt, 1835, S. 127.

6) Ebendaſelbſt, 1836, S. 303, 312.

beweiſt, daß man es in der Seide nicht mit einem leimgebenden Stoff, ſondern, wie ſchon angedeutet wurde, mit fertig gebildetem Leim zu thun hat.

Das Wachs der Seide und der Herbſtfäden iſt nach Mulder Cerin; ſeit Brodie's ſchöner Unterſuchung iſt es jedoch nicht wieder unterſucht worden. Das Fett ſoll ein eigenthümliches ſein, harrt aber noch genauerer Forſchung.

Gelbe Seide enthält einen gelben, in Alkohol löslichen, nicht harzigen Farbſtoff, die gelbe und die weiße Seide beide ein Harz (Mulder) [1]).

Den Unterſuchungen Mulder's verdanken wir für die Seide und die Herbſtfäden folgende Zahlen:

In 100 Theilen	Gelbe Seide.	Weiße Seide.	Herbſtfäden.
Fibroin	53,37	54,04	15,25
Eiweiß	24,43	25,47	64,00
Leim	20,66	19,08	18,04
Cerin	1,39	1,11	2,71
Fett	0,10	0,30	
Harz			—
Farbſtoff	0,05	0,00	—

Herbſtfäden unterſcheiden ſich alſo von der Seide hauptſächlich durch die viel geringere Menge des Fibroins, das von einer dicken Eiweißhülle umgeben iſt. Darum entbehren ſie des ſchönen Seidenglanzes, der dem Fibroin eigenthümlich iſt, während ſie andererſeits an Elaſticität die Seide übertreffen [2]).

Im Spinngewebe fand Prouſt ſchwefelſauren und kohlenſauren Kalk, Kochſalz, kohlenſaures Natron, Eiſen, Kieſelerde und Thonerde.

Das Wachs ſammelt ſich bei den Arbeitsbienen zwiſchen den dachziegelförmig über einander liegenden Bauchſchienen des Hinterleibes in Geſtalt dünner Scheiben, ohne daß es gelungen wäre an jener

1) A. a. O. 1835, S. 97, 128.

2) Mulder, a. a. O. 1836, p. 322.

Stelle bisher die Mündungen von Drüsen zu entdecken [1]). Oben sind die Bestandtheile dieses Wachses genauer beschrieben worden. Es bedarf also hier nur der Erinnerung, daß das Bienenwachs nach Brodie aus Cerotinsäure, Margarinsäure (Palmitinsäure?) und Melissin besteht (vgl. S. 146 bis 148).

Die Cochenille ist ein Absonderungsprodukt von Coccus Cacti, einem Insekte, das sich vorzugsweise auf Cactus coccinellifer aufhält, welche Pflanze aus diesem Grunde in den heißen Gegenden Amerikas reichlich angebaut wird. Nach den Beobachtungen von Warren de la Rue ist der Farbstoff, der den Hauptbestandtheil der Cochenille ausmacht, in der Cochenille-Schildlaus in Zellen enthalten, die einen farblosen Kern führen [2]). Deshalb wird hier die Cochenille bei den Absonderungen besprochen.

Jener Farbstoff ist das bekannte Carmin oder Warren de la Rue's Carminsäure. Die Zusammensetzung der Carminsäure ist nach Warren de la Rue's Analyse des Kupfersalzes höchst wahrscheinlich $C^{28}H^{14}O^{16}$; allein das Mischungsgewicht ist nicht allem Zweifel überhoben. Die gereinigte Säure bildet eine purpurbraune, zerreibliche Masse, welche bei feiner Zertheilung eine schön rothe Farbe annimmt.

In Wasser und Alkohol wird die Carminsäure sehr leicht gelöst, dagegen nur wenig in Aether. Trotzdem wird die alkoholische Lösung der freien Säure durch Aether nicht gefällt. Die wässerige Lösung ist schwach sauer. Starke Salzsäure und Schwefelsäure lösen die Carminsäure ohne Zersetzung.

Alkalien und Ammoniak ertheilen der wässerigen Lösung eine purpurrothe Farbe, ohne dieselbe zu fällen. Alkalische Erden, essigsaures Bleioxyd, Kupferoxyd, Zinkoxyd und Silberoxyd erzeugen purpurrothe Niederschläge. Schwefelsaure Thonerde fällt die Carminsäure nicht; auf den Zusatz von Ammoniak scheidet sich jedoch auf der Stelle ein prachtvoll carminrother Lack aus.

---

1) Vgl. von Siebold in seinem vortrefflichen Lehrbuch der vergleichenden Anatomie, S. 631, 632.

2) Warren de la Rue in den Annalen von Liebig und Wöhler Bd. LXIV, S. 8 u. folg.

Zur Darstellung der Carminsäure wird die wässerige Cochenille-Abkochung mit essigsaurem Bleioxyd gefällt und der ausgewaschene Niederschlag durch Schwefelwasserstoff zerlegt. Dieses Verfahren wird wiederholt, indem man die Carminsäurelösung mit angesäuertem essigsaurem Bleioxyd aufs Neue niederschlägt und das Blei durch Schwefelwasserstoff ausscheidet. Darauf wird die Carminsäure zur Trockne verdampft, in siedendem, absolutem Alkohol gelöst, mit carminsaurem Bleioxyd digerirt und endlich mit Aether versetzt, um etwas verunreinigende stickstoffhaltige Materie auszuscheiden. Durch das Filter geht eine Lösung reiner Carminsäure, die nur abgedampft zu werden braucht. (Warren de la Rue) [1].

Außer dem Farbstoff fand John in der Cochenille Leim, ein wachsartiges Fett, veränderten Schleim, Häute und an Mineralbestandtheilen Chlornatrium und Chlorkalium, phosphorsaure Alkalien, phosphorsaures Ammoniumoxyd, phosphorsauren Kalk und phosphorsaures Eisenoxyd.

Warren de la Rue hat es endlich zu einem sehr hohen Grad von Wahrscheinlichkeit erhoben, daß die Cochenille Tyrosin enthält, ein Zersetzungsprodukt der eiweißartigen Körper, das im sechsten Buch dieses Werkes genauer beschrieben wird [2]. Hinterberger hält nach seiner Analyse des Tyrosins die Uebereinstimmung für erwiesen [3].

Für die trockne Cochenille hat John folgende Zahlen mitgetheilt:

In 100 Theilen	
Farbstoff	50,00
Leim	10,50
Wachsartiges Fett . .	10,00
Veränderter Schleim . .	14,00
Häute	14,00
Salze	1,50.

1) Vgl. Warren de la Rue, a. a. O. S. 20 u. folg.

2) Warren de la Rue, a. a. O. S. 37—39.

3) Hinterberger, in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXXI, S. 74.

Der Schleim.

§. 18.

An der Grenze der Abſonderungen und Ausſcheidungen ſteht der Schleim, der nicht etwa bloß von eigenthümlichen Schleimdrüſen geliefert wird, ſondern ſich außerdem in verſchiedenen Knochenhöhlen und ſeröſen Säcken entwickelt. Frerichs und Tilanus haben eine Schleimbildung in den Gelenkkapſeln, Virchow in dem Nabelſtrang beobachtet; der letztgenannte Forſcher hat darauf aufmerkſam gemacht, daß ſich die Wharton'ſche Sulze leicht in Schleim verwandle [1]).

Nach Andral reagirt der reine Schleim in allen Fällen ſauer. Wenn die ſaure Beſchaffenheit nicht bemerkbar iſt, dann iſt der Schleim mit anderen Abſonderungen oder Ausſcheidungen vermiſcht. Von dieſer Regel giebt es nur vereinzelte beglaubigte Ausnahmen, ſo die Angabe von Jacubowitſch, daß die reine Abſonderung der Mundhöhlenſchleimhaut, von Frerichs und Tilanus, daß ſich die Synovia alkaliſch verhalte.

Der Hauptbeſtandtheil des Schleims, der ſogenannte Schleimſtoff oder das Mucin, beſitzt nach Analyſen, die Kemp mit dem aus Gallenſchleim herrührenden Stoffe vornahm, die Formel $N^6C^{48}H^{39}O^{17}$ [2]). Mulder dagegen analyſirte den von Schwalben ausgebrochenen Schleimſtoff, das ſogenannte Neoſſin, aus welchem die eßbaren Vogelneſter Oſt-Indiens angefertigt ſind, und gelangte zu der Formel $N^2C^{22}H^{17}O^8$. Die Sternſchnuppenſubſtanz aus dem Eileiter der Fröſche führte endlich wieder zu anderen Zahlen [3]). Von einer Kenntniß der Conſtitution des Schleimſtoffs ſind wir demnach weit entfernt. Nach Kemp enthält der Schleimſtoff auch Schwefel [4]).

Dagegen ſind die Eigenſchaften des Schleimſtoffs in neuerer Zeit beſonders von Tilanus genau beſchrieben worden. In Waſſer iſt

---

1) Virchow nach einer Privatmittheilung bei Lehmann, a. a. O. Bd. II, S. 361.

2) Kemp in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. XLIII, S. 117.

3) Vgl. meine Ueberſetzung von Mulder's phyſiol. Chemie, S. 250.

4) Kemp, a. a. O. S. 119.

der Schleimſtoff ſchwer löslich, er quillt jedoch in demſelben auf. Alkohol und Aether löſen ihn nicht. Alkohol verwandelt den in Waſſer vertheilten aufgequollenen Schleimſtoff in Flocken und Fäden, ebenſo verdünnte Eſſigſäure. Beim Kochen in ſtarker Eſſigſäure werden dieſe Fäden gelöſt, und Eiſenkaliumcyanür erzeugt in der Löſung einen Niederſchlag. Verdünnte Alkalien löſen den Schleimſtoff mit Leichtigkeit, ſtarke Laugen jedoch ſchwerer. Durch einen großen Ueberſchuß von Waſſer wird die alkaliſche Löſung gefällt. Starke Salpeterſäure giebt mit dem Schleimſtoff Fourcroy's gelbe Säure, Salzſäure die violettblaue Farbe von Bourdois und Caventou. Gerbſäure und baſiſch eſſigſaures Bleioxyd erzeugen in den alkaliſchen Schleimſtofflöſungen reichliche Niederſchläge. Durch Alaun, Sublimat, neutrales eſſigſaures Bleioxyd und Chromſäure entſtehen in jenen Löſungen nur geringe Fällungen[1]).

Neben dem Schleimſtoff pflegt der Schleim eine ſo reichliche Menge von Epithelien zu enthalten, die ſich von dem Mucin durch Filtration nicht leicht trennen laſſen, daß die Darſtellung des letzteren nur ſchwer gelingt. Aus der filtrirten ſauren Löſung kann man den Schleimſtoff mit Alkohol fällen, wieder in Waſſer vertheilen und aufs Neue fällen, um den Niederſchlag ſchließlich mit Aether, Alkohol und Waſſer zu reinigen.

Eine geringe Menge Eiweiß kann in manchen Fällen auch in geſundem Schleim den Schleimſtoff begleiten, ſo nach Buchheim im ſchleimigen Ueberzug des Magens. Will man die Synovia mit Frerichs geradezu als Schleim betrachten, dann muß auch dieſe Flüſſigkeit als ein Beiſpiel für das Vorkommen des Eiweißes betrachtet werden; ſowohl Tilanus, als Frerichs haben neben vielem Schleimſtoff in der Gelenkflüſſigkeit etwas Eiweiß gefunden[2]). Berzelius zählte Spuren von Eiweiß zu den regelmäßigen Beſtandtheilen des Schleims.

Daß der Schleim nicht ſelten aus zerfallenen und aufgelöſten Epithelialgebilden hervorgeht, dürfte ſich am deutlichſten aus dem Vorkommen des Schleimſtoffs in der Synovia ergeben. Frerichs hat

1) Vgl. Lehmann, a. a. O. Bd. II, S. 365.

2) Frerichs in R. Wagner's Handwörterbuch, Bd. III, S. 464.

dies sehr hübsch nachgewiesen, indem er in der Gelenkflüssigkeit namentlich eine reichliche Anzahl von Zellenkernen beobachtete, die der Auflösung in der alkalischen Synovia am längsten widerstanden. Hierher scheint auch die von Virchow beobachtete Umwandlung der Wharton'schen Sulze in Schleim zu gehören [1]). Ob dies auch die Entstehungsweise ist in den Fällen, in welchen der Schleim von Drüsen abgesondert wird, muß vor der Hand als offene Frage dahingestellt bleiben.

Nach Nasse enthält der gesunde Nasenschleim ein halbfestes, gelblichweißes Fett. Im Allgemeinen ist die Menge des Fetts im Schleim gering.

Auf der Schleimhaut der Gallenblase und namentlich auf der der schwangeren Gebärmutter finden sich sehr häufig Krystalle von kleesaurem Kalk (C. Schmidt). [2]).

Hinsichtlich der anorganischen Bestandtheile des Schleimes ist hervorzuheben, daß nach Berzelius und Scherer ein Theil des Natrons an Schleimstoff gebunden ist. Daher fand Nasse kohlensaures Natron in der Asche. Sonst herrschen Chlornatrium und Chlorkalium unter den Mineralbestandtheilen vor. Neben diesen finden sich schwefelsaure und phosphorsaure Alkalien, phosphorsaure Erden und, wie Nasse für den Lungenschleim berichtet hat, auch Kieselsäure.

Die folgenden Zahlen verdankt die Wissenschaft Berzelius:

In 1000 Theilen

Schleimstoff	53,3
Schleimstoff an Natron gebunden	3,9
Wasserextract mit Spuren von Eiweiß und phosphorsaurem Salze	3,5
Alkoholextract	3,0
Chlorkalium und Chlornatrium .	5,6
Wasser	933,7.

1) Nach vorläufigen Privatmittheilungen bei Lehmann, Bd. II, S. 370, 371.

2) C. Schmidt in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXI, S. 304, 305.

Kap. III.

Die Rückbildung der Materie im Thierleibe.

§. 1.

Wenn irgendwo die rein chemiſche Auffaſſung des Stoffwechſels zu ihrem vollen Rechte gelangt iſt, ſo muß dies von den Ausſcheidungen zugegeben werden. Was man viele Jahre hindurch einem vitali, ſtiſch-katalytiſchen Einfluß von Drüſenzellen und Drüſenkanälchen zuſchrieb, das iſt jetzt durch die bedeutſamſten Thatſachen als Wirkung jenes Stoffumſatzes erwieſen, der vom Sauerſtoff angeregt in der Bildung von Kohlenſäure, Waſſer und Harnſtoff ſein Endziel erreicht.

Hier, wie ſo oft, haben die Alten gleichſam durch Inſtinkt das Richtige getroffen, als ſie in die Gewebe den Ort verlegten, wo ſich in Folge der Lebensthätigkeit die Schlacke von den edelen Formbeſtandtheilen der verſchiedenen Werkzeuge abſetzt. Und es war ein ſehr verzeihlicher Irrthum, wenn ſie die Fortſchaffung dieſer Schlacke mehr oder weniger ausſchließlich den Lymphgefäßen zuſchrieben.

Jetzt weiß die Wiſſenſchaft, daß jene Lebensthätigkeit nichts Anderes iſt als Stoffwechſel. Der Sauerſtoff, den wir einathmen, der ſchon im Blut die Eiweißkörper oxydirt, Eiweiß in Faſerſtoff verwandelt, Fette verbrennt, derſelbe Sauerſtoff gelangt durch die Haargefäße in die Gewebe. Und dieſer Sauerſtoff iſt in einem ganz anderen Sinne die Lebensluft, der mächtigſte Katalytiker, als es der Glaube an typiſche Kräfte der Drüſenelemente ahnt.

In den Geweben zerfallen die Eiweißſtoffe und die Fette. Die Gewebe ſind ebenſo viele Heerde des lebendigſten Stoffumſatzes, deſſen Thätigkeit vom Sauerſtoff unterhalten wird.

Darum iſt es ein ſo willkommener Fortſchritt, den die Wiſſenſchaft unter Liebig's Händen machte, als wir in deſſen viel gelob-

ter, aber wenig verſtandener Schrift über das Fleiſch im Kreatin, im Kreatinin und in der Inoſinſäure Uebergangsſtufen kennen lernten, auf denen das Eiweiß in Harnſtoff übergeführt wird. Kreatin, Kreatinin und Inoſinſäure ſind die erſten Oxydationsſtufen der eiweißartigen Körper, die, im Gegenſatz zu Horn und Leim, nicht mehr im Stande ſind die Formbeſtandtheile der Gewebe zu bilden.

Jenes Kreatin, der Fleiſchſtoff, den ſchon Chevreul kannte, hat nach Liebig's Analyſe die Formel $N^3 C^8 H^9 O^4 + HO$. Das Kreatin kryſtalliſirt in Nadeln, löſt ſich in kaltem, beſonders leicht aber in heißem Waſſer, dagegen ſehr ſchwer in Alkohol und gar nicht in Aether.

Das Kreatin iſt weder ſauer, noch alkaliſch. Chevreul entdeckte es in der Fleiſchbrühe, Schloßberger fand es im Fleiſche des Kaiman wieder, Liebig lehrte es in höchſt einfacher Weiſe aus dem Fleiſch der verſchiedenſten Thiere darſtellen. Zu dem Ende wird fein zerſchnittenes Fleiſch wiederholt mit Waſſer ausgezogen und die erhaltene Flüſſigkeit durch Siedhitze vom Eiweiß, durch Baryt von den phosphorſauren Erden befreit, welche letzteren nur in der ſauren Fleiſchflüſſigkeit gelöſt bleiben konnten. Dann wird die filtrirte Löſung eingedampft, die Häute, die ſich an der Oberfläche bilden, entfernt, und das Eindampfen fortgeſetzt, bis nur Ein Zwanzigſtel des Raums, den die Flüſſigkeit einnahm, noch übrig iſt. Aus dieſer Löſung kryſtalliſirt das Kreatin in Nadeln, die man mit Weingeiſt und kaltem Waſſer wäſcht, aus heißem Waſſer umkryſtalliſirt, und wenn es nöthig iſt, durch Kohle entfärbt.

Seit dieſen Angaben Liebig's wurde das Kreatin von Schloßberger und in Scherer's Laboratorium von Wydler[1]) auch im Fleiſch des Menſchen nachgewieſen.

Nach den bis jetzt vorliegenden Beſtimmungen kommt das Kreatin im Fleiſch der Säugethiere, Vögel und Fiſche in folgenden Mengenverhältniſſen vor:

In 1000 Theilen	Kreatin	
Fleiſch des Ochſen und des Pferdes	1,05	Mittel aus 4 Beſtimmungen Liebig, Gregory.

1) Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXIX, S. 198.

	Kreatingehalt	
Fleiſch des Huhns und der Taube	2,52	Mittel aus 4 Beſtimmungen, Liebig und Gregory.
" des Kabeljaus und des Rochens	1,08	Mittel aus 3 Beſtimmungen, Gregory.

Das Kreatinin oder die Fleiſchbaſis, welche Liebig in dem Fleiſch der Säugethiere entdeckte, Scherer und Wydler auch in den Muskeln des Menſchen beobachtet haben, wird nach Liebig durch den Ausdruck $N^3\ C^8\ H^7\ O^2$ bezeichnet. Die Kryſtalle des Kreatinins, die zum monokliniſchen Syſtem gehören, ſind farblos und ſehr glänzend. Sie löſen ſich viel leichter in Waſſer und in Weingeiſt als das Kreatin, und ſind auch in Aether nicht ganz unlöslich. Chlorzink erzeugt in der Kreatininlöſung einen kryſtalliniſch körnigen Niederſchlag. Mit Säuren bildet die Fleiſchbaſis kryſtalliſirbare, in Waſſer lösliche Verbindungen, mit Metallſalzen baſiſche Doppelſalze. Auf dieſe Weiſe entſtehen mit Platinchlorid große, goldgelbe, mit Kupferoxydſalzen ſchöne, blaue Kryſtalle.

Aus Kreatin läßt ſich das Kreatinin durch Salzſäure gewinnen. Dies läßt ſich zur Darſtellung benützen, indem man Kreatin mit Salzſäure eindampft, bis alle überſchüſſige Säure vertrieben iſt, und dann das ſalzſaure Kreatinin, das ſich gebildet hat, durch Bleioxydhydrat zerlegt.

Die Menge des Kreatinins in den Muskeln iſt bisher nicht beſtimmt; allein nach Liebig's Unterſuchungen ſcheint die Menge der Fleiſchbaſis der des Fleiſchſtoffs weit nachzuſtehen.

Neben dem Fleiſchſtoff und der Fleiſchbaſis hat Liebig in den Muskeln der Säugethiere auch eine Fleiſchſäure, die Inoſinſäure entdeckt, welche er durch die Formel $N^2\ C^{10}\ H^6\ O^{10}$ ausdrückt. Die nicht kryſtalliſirbare Fleiſchſäure bildet eine ſyrupartige Flüſſigkeit, die durch Alkohol feſt wird, alſo in Alkohol und ebenſo in Aether unlöslich, dagegen in Waſſer leicht löslich iſt. Die Inoſinſäure beſitzt einen Geſchmack, der in angenehmer Weiſe an Fleiſchbrühe erinnert. Die inoſinſauren Alkalien ſind in Waſſer leicht löslich, der inoſinſaure Baryt in heißem Waſſer ebenfalls, dagegen in kaltem ſchwer und gar nicht in Alkohol. Wenn man inoſinſaure Alkaliſalze auf dem Platinblech erhitzt, dann entwickelt ſich ein ſtarker Geruch nach gebratenem Fleiſch.

Liebig erhielt die Inoſinſäure aus der Mutterlauge der Fleiſch-

flüssigkeit, welche die Kreatinkrystalle gegeben hatte. Die Mutterlauge wurde allmälig mit Alkohol versetzt, bis sie sich milchig trübte und darauf mehre Tage sich selbst überlassen. Dann schieden sich Krystalle von inosinsaurem Kali und inosinsaurem Baryt aus. Diese wurden in heißem Wasser gelöst, mit Chlorbaryum versetzt und der inosinsaure Baryt umkrystallisirt. Endlich wurde das Barytsalz durch Schwefelsäure zerlegt.

Wenn man den hohen Sauerstoffgehalt der Inosinsäure berücksichtigt, wenn man bedenkt, daß Kreatin und Kreatinin im Harn eben so gut wie im Muskelfleisch vertreten sind, daß sich Kreatin durch Kochen mit Barytwasser in Sarkosin, eine Basis, die im Thierkörper noch nicht beobachtet wurde, und in Harnstoff zerlegen läßt, dann kann man es nicht bezweifeln, daß Kreatin, Kreatinin und Inosinsäure nichts Anderes sind als Zwischenglieder zwischen Eiweiß und Harnstoff. In Kreatin, Kreatinin und Inosinsäure begegnen wir den ersten Erzeugnissen des Verfalls der Gewebe, den der Sauerstoff hervorruft.

Darum enthalten die wilden mageren Thiere mehr Kreatin, als gemästete Hausthiere, darum der immer thätige Herzmuskel mehr als das Fleisch der übrigen Körpertheile, darum namentlich die mächtig athmenden Vögel mehr als die Säugethiere.

Nun darf es uns aber nicht mehr verwundern, daß neben dem Kreatin auch entschiedene Ausscheidungsstoffe in den Geweben vorkommen, Erzeugnisse des Stoffwechsels, die an der Grenze stehen zwischen organischer und anorganischer Materie.

In diesem Sinne hat namentlich die Milz eine reiche Ausbeute gegeben. Die Milz des Ochsen und des Menschen enthält nach Scherer einen eigenthümlichen Körper, der offenbar auf dem Wege zur Harnsäurebildung begriffen ist[1]). Scherer nennt diesen Stoff Hypoxanthin, weil er sich nur durch den Wenigergehalt von Einem Aequivalent Sauerstoff von dem Xanthoxyd unterscheidet, einem Körper, der bisweilen in Harnsteinen und Guano vorkommt.

Hypoxanthin nach Scherer.		Xanthoxyd nach Liebig und Wöhler.
$N^2 C^5 H^2 O$	$+ O =$	$N^2 C^5 H^2 O^2$.

1) Vgl. Scherer's wichtigen Aufsatz in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXXIII, S. 330 und folg.

Das Hypoxanthin, welches von Scherer auch im Herzmuskel und zwar häufig in sehr großer Menge gefunden wurde, bildet ein gelbweißes, kryſtalliniſches Pulver. Es iſt ſchwer löslich in kaltem, leichter in heißem Waſſer, löſt ſich etwas in kochendem Weingeiſt, reichlich in Kali. Mit Salpeterſäure verdunſtet, hinterläßt das Hypoxanthin einen gelben Fleck, der durch Kalihydrat gelbroth wird. — Die wäſſerige Löſung verändert Pflanzenfarben nicht (Scherer).

Scherer hat ſich das Hypoxanthin verſchafft, indem er die Milz mit Waſſer auskochte, die leicht roth gefärbte Flüſſigkeit mit Barytwaſſer verſetzte und filtrirte. Beim Abdampfen des Filtrats wurden zwei organiſche Körper und etwas kohlenſaurer Baryt ausgeſchieden. Die organiſchen Stoffe löſten ſich in Kali und ließen ſich durch Salzſäure oder Kohlenſäure aus der Löſung fällen. Der kryſtalliniſche Niederſchlag beſtand zum Theil aus Hypoxanthin und aus einer organiſchen Säure, die nach erneuter Auflöſung in Kali durch Salmiak gallertartig ausgeſchieden werden konnte. Das Hypoxanthin war in der abfiltrirten Löſung enthalten und wurde aus dieſer beim Verdunſten in Form eines kryſtalliniſchen, gelblich weißen Pulvers abgeſetzt. Durch Ammoniak, mit dem jene Säure eine ſchwer lösliche Verbindung einging, ließ ſich das Hypoxanthin leicht weiter reinigen. Zu dem Ende wurde die ammoniakaliſche Löſung verdampft, der Rückſtand in verdünntem Kali gelöſt, durch Kohlenſäure wieder gefällt und endlich mit kaltem Waſſer gewaſchen, um das kohlenſaure Kali zu entfernen.

Von der Harnſäure unterſcheidet ſich das Hypoxanthin nur dadurch, daß es 2 Aeq. Sauerſtoff weniger führt:

Hypoxanthin		Harnſäure
$N^2 C^5 H^2 O + 2 O$	=	$N^2 C^5 H^2 O^3$.

Erſcheint es dadurch nicht ganz natürlich, daß neben dem Hypoxanthin in der Milz Harnſäure vorkommt? Jene organiſche Säure, die das Hypoxanthin in der Milz begleitet, iſt nach Scherer keine andere als Harnſäure. Stas hat ſeitdem ſaures harnſaures Ammoniak in der Amniosflüſſigkeit des Hühnchens beobachtet [1]).

1) Stas in Comptes rendus, T. XXXI, p. 629.

Und wenn, wie Liebig annimmt, die Harnsäure durch Aufnahme von Sauerstoff in Kohlensäure und Harnstoff zerfällt, muß man da nicht von vorne herein erwarten, daß ebenso gut wie die Kohlensäure auch der Harnstoff in den Geweben auftreten wird?

Aus diesem Gesichtspunkt ist die von Wöhler durch eine sorgfältige Untersuchung bestätigte [1]) Entdeckung Millon's, daß die Glasflüssigkeit und die wässerige Flüssigkeit des Auges Harnstoff enthalten, so unscheinbar sie auf den ersten Blick sein mochte, eine hochwichtige zu nennen. Und es ist eine ganz natürliche Erweiterung dieser Entdeckung, daß Wöhler und J. Regnauld [2]) in der Amniosflüssigkeit und C. Schmidt in der Flüssigkeit eines chronischen Wasserkopfs, mit welchem kein Nierenleiden verbunden war, Harnstoff beobachtet haben. In der Amniosflüssigkeit kann der Harnstoff jedoch auch fehlen, wie aus den Untersuchungen von Vogt, Mack und Scherer hervorgeht [3]).

Wenn man diesen Thatsachen gegenüber gezwungen wird einzusehen, daß die Gewebe eine wesentliche Bildungsstätte der Ausscheidungsstoffe darstellen, was kann dann näher liegen, als auch nach den Uebergangsstufen, welche die Fette in Kohlensäure und Wasser überführen, in den Geweben zu suchen?

Vielleicht gehört hierher schon die Milchsäure, so weit sie in den Geweben auftritt. Jedenfalls verdient die von Berzelius mitgetheilte Thatsache Beachtung, daß der Muskel um so viel reicher an Milchsäure ist, je kräftiger er angestrengt wurde. Ohne allen Zweifel sind aber die Bernsteinsäure, die Heintz als Natronsalz in der Hydatidenflüssigkeit der Leber einer Frau [4]) mit Gewißheit, die Ameisensäure, welche Scherer in dem Saft des Fleisches mit Wahrscheinlichkeit [5]), die Kleesäure, welche C. Schmidt im Schleim beobachtet hat, als Zwischenglieder zwischen den Fetten einerseits und zwischen

---

1) Wöhler in seinen Annalen, Bd. LXVI, S. 128.

2) Comptes rendus. T. XXXI, p. 218, 219.

3) Scherer in Kölliker und von Siebold, Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, Bd. I, S. 91.

4) Heintz in Poggendorff's Annalen, Bd. LXXX, S. 120, 121.

5) Scherer bei Liebig und Wöhler, Bd. LXIX, S. 199.

der Kohlensäure und dem Waſſer andererſeits zu betrachten. Man braucht nur einfach daran zu erinnern, wie häufig die genannten Stoffe vom Chemiker als Oxydationsprodukte erhalten werden, nur an die Bildung von Bernſteinſäure, wenn man Fette mit Salpeterſäure behandelt, zu denken, um die folgende Reihe der Entwicklung dieſer Körper als das Ergebniß einer fortſchreitenden Oxydation der Fette durchaus natürlich zu finden:

Milchſäure . .	$C^6 H^5 O^5 + HO.$
Bernſteinſäure .	$C^4 H^2 O^3 + HO.$
Ameiſenſäure . .	$C^2 H O^3 + HO.$
Kleeſäure . . .	$C^2 O^3 + 3 HO.$
Kohlenſäure . .	$C O^2$, Waſſer HO.

Daher alſo rührt es, daß das Parenchym aller Gewebe mit Kohlenſäure und kohlenſauren Salzen geſchwängert iſt. Und auch dieſes Haupterzeugniß der Zerſetzung im Thierkörper läßt ſich demnach in den Geweben nicht vermiſſen.

Wenn es wahr iſt, wie es wiederum Scherer's fleißige Forſchungen wahrſcheinlich gemacht haben [1]), daß in dem Fleiſchſaft Eſſigſäure und flüchtige Fettſäuren enthalten ſind, ſo muß man auch dieſe Körper als Uebergangsſtufen zur Bildung von Kohlenſäure und Waſſer betrachten.

Dieſe Kohlenſäure, dieſes Waſſer treten aus den Haargefäßen der Lunge in die Malpighiſchen Lungenbläschen, und wenn die Gaſe des Bluts hier angelangt ſind, dann tauſchen ſie ſich aus mit den Gaſen der eingeathmeten Luft, die in der Luftröhre und in den höheren Abſchnitten der Bronchien vorhanden ſind, ganz nach den Geſetzen der Diffuſion, wie es Vierordt in ſeiner klaſſiſchen Abhandlung über die Reſpiration ſo ſchön entwickelt hat [2]). So erreicht der Sauerſtoff der eingeathmeten Luft allmälig die Lungenbläschen. Von hier aus beginnt der Wechſel zwiſchen Kohlenſäure des Bluts und Sauerſtoff der Lungen. Bei der Erweiterung des Bruſtkaſtens ſtrömt die Luft von außen in die Luftröhre, aber auch die Gaſe des Bluts bewegen ſich aus den Haargefäßen in die Lungenbläschen hin-

1) Scherer, a. a. O. S. 199, 200.

2) Vierordt, Phyſiologie des Athmens, Karlsruhe 1845, S. 190—197.

über. Dieser Vorgang ist rein physikalisch. Die Gase sind völlig indifferent.

Also sind die Bläschen der Lungendrüse keine Bildner, sondern nur Behälter der Kohlensäure, die wir ausathmen. Aber ebenso verhalten sich die Nierenkanälchen zu dem Harnstoff, der in den Geweben gebildet wird.

Bevor die eigentliche Ausscheidung beginnt, müssen demnach die Ausscheidungsstoffe ins Blut wandern, daher die Kohlensäure und der Harnstoff des Bluts, welcher letztere zuerst von Simon und später von vielen anderen Forschern (Strahl und Lieberkühn, Garrod — im Blut des Menschen —, Lehmann, Verdeil und Dolfuß) [1] wahrgenommen wurde. Neuerdings fand Stas Harnstoff im Blut des Mutterkuchens der Frau [2].

Auch an den Uebergangsstufen zu jenen Endprodukten der Umsetzung fehlt es im Blute nicht. So haben Strahl und Lieberkühn und zuletzt Garrod Harnsäure im Blut, der letztgenannte Forscher im Blut des Menschen gefunden. Verdeil und Dolfuß beobachteten im Ochsenblut hippursauren Kalk.

Wenn diese Stoffe der Rückbildung eiweißartiger Körper ihren Ursprung verdanken, so sind andererseits die flüchtigen Fettsäuren des Bluts, die Ameisensäure, welche Bouchardat und Sandras bei Hunden nach der Fütterung mit Zucker im Blute nachwiesen, die Kleesäure, welche Garrod wenigstens bei Kranken im Blut wahrnahm [3], als Umwandlungsprodukte der Fette und der Fettbildner zu betrachten.

Die genaue Untersuchung dieser Umwandlungsprodukte vermindert von Tage zu Tage die Zahl jener unbekannten Extractivstoffe, mit denen sich fast jede Analyse thierischer Gebilde zu schleppen hat. Und die Hoffnung ist gewiß nicht zu kühn, daß eine Zeit kommen wird, in welcher die Fortschritte der Chemie alle Extractivstoffe der Gewebe und des Bluts als organische Bestandtheile hinstellen werden, die der Rückbildung anheimgefallen sind. Erst dann werden die Extractiv-

1) Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXXIV, S. 214—218.

2) Stas in Comptes rendus, T. XXXI, p. 630.

3) Garrod in Schmidt's Jahrbüchern, Bd. LXVII, 1850, S. 53.

ſtoffe das volle Intereſſe des Phyſiologen in Anſpruch zu nehmen berechtigt ſein.

§. 2.

Obgleich wir im Obigen geſehen haben, daß der eigentliche Bildungsheerd der Ausſcheidungsſtoffe in den Geweben zu ſuchen iſt, ſo iſt doch andererſeits nicht zu verkennen, daß der in Rede ſtehende Umſatz der Materie ſchon im Blute beginnt. Wer nur immer auf die Eigenſchaften der eiweißartigen Körper Rückſicht nimmt, muß es mit Mulder[1]) widerſinnig finden, daß der Sauerſtoff mit dem Blute den Haargefäßen zugeführt werden ſollte, ohne ſchon vorher mit den Blutbeſtandtheilen in die lebendigſte Wechſelwirkung zu treten.

Aus dieſem Grunde wurde ſchon oben die Bildung des Faſerſtoffs und der ſogenannten Proteinoxyde Mulder's von einer Oxydation des Eiweißes abgeleitet. An beſtimmten Beweiſen für eine bereits im Blute ſtattfindende, vom Sauerſtoff bewirkte Zerſetzung iſt die Wiſſenſchaft aber keineswegs reich. Um ſo wichtiger iſt eine Beobachtung Thomſon's, durch welche eine theilweiſe Verbrennung des Fetts im Blute ſelbſt unwiderleglich bewieſen wird.

Thomſon hat nämlich gefunden, daß das Blut drei Stunden nach einem Mahle, das aus eiweißartigen Stoffen und Fett beſtand, eine ziemlich bedeutende Menge des zugeführten Fetts enthält, während das genoſſene Eiweiß zu erſcheinen beginnt. Nach ſechs Stunden konnte die Zunahme des Eiweißes noch nachgewieſen werden, während das Fett vergleichungsweiſe geſchwunden war[2]).

Da wir nun oben (S. 361) gezeigt haben, daß das Fett bei der Ernährung langſamer ausſchwitzt als die eiweißartigen Körper, ſo ergiebt ſich aus jener Beobachtung in zwingender Weiſe, daß ein Theil des Fetts unmittelbar im Blut verbrennt, ohne vorher als Gewebebildner aufzutreten. Und in dieſem Sinne kann man wenig-

1) Vgl. Mulder in den Holländiſchen Beiträgen von van Deen, Donders und Moleſchott, Bd. I, S. 20.

2) Thomſon in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LIV, S. 211, 212.

ſtens einen Theil des Fetts mit Liebig als Reſpirationsmittel betrachten [1]).

Inſofern jede Rückbildung im Blut als ein Uebergang zur Ausſcheidung gefaßt werden muß, läßt ſich auch die Zuſammenſetzung des Milzvenenbluts als Beweis für den bereits im Blut ſtattfindenden Umſatz der organiſchen Stoffe des Thierkörpers geltend machen. Schon daß der Faſerſtoff im Milzvenenblut nach Béclard vermehrt iſt, legt Zeugniß davon ab, daß eine geſteigerte Aufnahme von Sauerſtoff ſtattgefunden hat. Noch deutlicher wird dies aber dadurch, daß das Milzvenenblut, — das ſich im Uebrigen von dem Blut der Droſſelader durch einen etwas größeren Waſſergehalt und durch die Anweſenheit des neutralen Natronalbuminats [2]) unterſcheidet, — etwas weniger Blutkörperchen enthält, als das Blut anderer Adern.

Es ſtimmt dies vortrefflich zu den Beobachtungen von Ecker und Kölliker, die den Untergang von Blutkörperchen im Blut der Milzvene kennen lehrten. Auch ich habe in der Milz von Fröſchen Formen von Blutkörperchen, Zellen und Körnchenhaufen beobachtet, die mich zum Anhänger der Anſicht Ecker's und Kölliker's machen. So verfehlt nun auch die Anſchauung wäre, wenn man deshalb die Milz zu einem Organ des Untergangs der Blutkörperchen ſtempeln wollte — man müßte denn folgerichtig auch die Glasflüſſigkeit als ein Organ der Harnſtoffbildung begrüßen wollen! —, ſo wichtig iſt es doch, daß jene Wahrnehmungen im Verein mit Béclard's Analyſen des Milzvenenbluts die im Blut beginnende Rückbildung beweiſen.

§. 3.

Es läßt ſich alſo nicht läugnen, daß der Umſatz der Materie, der die Rückbildung des Thierkörpers einleitet, wenigſtens theilweiſe auch im Blut erfolgt. Immerhin ſteht es nach dem, was im erſten Paragraphen dieſes Kapitels mitgetheilt wurde, feſt, daß die Bildung der Ausſcheidungsſtoffe ſich hauptſächlich in den Geweben ereignet.

---

1) Vgl. meine Phyſiologie der Nahrungsmittel, Darmſtadt 1850, S. 59, 161.
2) Vgl. oben S. 393.

In ähnlicher Weiſe nun wie ſich die Chylusgefäße und die Adern des Darms theilen in die Aufnahme der neu verdauten Blutbildner, theilen ſich die Lymphgefäße und die Adern in die Aufnahme der verbrauchten Gewebebildner.

Man würde ſehr irren, wenn man deshalb glauben wollte, die Lymphe enthielte nichts als Ausſcheidungsſtoffe, oder wenn man, ſpielend mit dem eitelen Tande von Zweckmäßigkeitsbegriffen, die Saugadern als von der Natur gebaute Abzugskanäle betrachtete, welche die Schlacke der Gewebe entfernen und dem Milchbruſtgang zuleiten ſollen. Nach den Geſetzen der Endosmoſe treten die Beſtandtheile des Nahrungsſafts und die in den Geweben gebildeten Ausſcheidungsſtoffe in die Lymphgefäße hinüber.

Die Lymphe enthält Eiweiß und Faſerſtoff, verſeifte und neutrale Fette, Chloralkalimetalle und Salze.

In der Lymphe eines Pferdes fanden Geiger und Schloßberger alles Eiweiß in der Geſtalt von Natronalbuminat. Dadurch wird die Triftigkeit der Folgerung etwas gebrochen, welche Lehmann aus dem Reichthum der Aſche der Lymphe an kohlenſaurem Alkali ableitet, indem er auf milchſaure Salze in der Lymphe ſchließt. Jedenfalls muß man indeß mit Lehmann die hohe Wahrſcheinlichkeit der Anweſenheit milchſaurer Salze in der Lymphe anerkennen, und es iſt dabei um ſo weniger Gefahr, da jener vorſichtige Forſcher nicht unterlaſſen hat zu bemerken, daß Milchſäure in der Lymphe nie mit wiſſenſchaftlicher Genauigkeit nachgewieſen wurde [1]).

Daß die Lymphe neben jenen Beſtandtheilen, welche ſie mit dem Blute gemein hat, nun auch wirklich Erzeugniſſe der Rückbildung enthält, das läßt ſich leider in dieſem Augenblick nur dadurch beweiſen, daß der Rückſtand der Lymphe, verglichen mit dem Rückſtand des Blutſerums, verhältnißmäßig reich iſt an ſogenannten Extractivſtoffen, — die ihrer genauen Unterſuchung noch harren. Naſſe, deſſen zahlreiche Forſchungen über Blut, Chylus und Lymphe die Wiſſenſchaft auch mit dieſer Thatſache bereichert haben, hat es nicht vermocht, die Anweſenheit von Harnſtoff in Pferdelymphe nachzuweiſen. Der Reichthum an Extractivſtoffen hat ſich jedoch neuerdings auch

1) Lehmann, a. a. O. Bd. I, S. 100.

aus der von Geiger und Schloßberger mit Pferdelymphe vorgenommenen Analyse ergeben.

Unter den anorganischen Bestandtheilen ist in der Lymphe, wie im Blutserum, vorzugsweise das Kochsalz vertreten. Außerdem enthält die Lymphe eine geringe Menge phosphorsaurer Alkalien, kohlensaures Alkali, von welchem die alkalische Reaction herrührt, welche die Lymphe zu besitzen pflegt, sodann namentlich schwefelsaure Salze (Nasse). Die schwefelsauren Alkalien, deren Menge in der Lymphe größer ist als im Blut, sind offenbar als ein Endprodukt der Rückbildung eiweißartiger Stoffe zu betrachten. Die Menge der Erdsalze ist in der Lymphe weit geringer als im Blutserum, was sich in höchst einfacher Weise dadurch erklärt, daß die phosphorsauren Erden zu den wichtigsten Gewebebildnern gehören, also größtentheils in den Geweben zurückbleiben, indem sie sich bei dem Aufbau der Formbestandtheile bethätigen. — Eisen, wenn es ja zu den regelmäßigen Bestandtheilen der Lymphe gehört und nicht etwa bloß von beigemengten Blutkörperchen herrührt, ist jedenfalls nur in geringer Menge vorhanden. Geiger und Schloßberger haben endlich auch Ammoniaksalze in der Pferdelymphe gefunden.

In nachstehender Tabelle sind die wichtigsten Analysen der Lymphe zusammengestellt:

In 1000 Theilen	Lymphe aus dem Fußrücken des Menschen. Marchand und Colberg.	Lymphe des Menschen aus dem Milchbrustgang nach langem Hungern. L'Héritier.	Lymphe des Pferdes. Gmelin.	Lymphe des Pferdes. Gmelin.	Lymphe des Pferdes. Rees.	Lymphe des Pferdes. Geiger und Schloßberger.	Lymphe des Esels. Nasse.
Eiweiß	4,34	60,02	27,5	14,85	12,00	6,2	39,11
Faserstoff	5,20	3,20	2,5	1,30	1,20	0,4	
Fett	2,64	5,10	0,0	Spuren	Spuren	Spuren	0,09
In Wasser löslicher Extractivstoff	3,12	?	2,1 [1]	2,58 [1]	13,19	2,7	3,25
In Alkohol löslicher Extractivstoff			6,9 [1]	9,69 [1]	2,40		1,63
Salze	15,44	8,25	(1)	(1)	5,85	7,0	5,92
Wasser	969,26	924,36	961,0	967,70	965,36	983,7	950,00

1) In Gmelin's Analysen blieben die Salze mit den Extractivstoffen vereinigt. Vgl. Nasse, Art. Lymphe in R. Wagner's Handwörterbuch, Bd. II, S. 396.

Die Menge der Kalksalze, der Bittererde, der Kieselerde und des Eisenoxyds betrug in Nasse's Analyse: 0,31 in 1000 Theilen. Ueber das gegenseitige Verhältniß der einzelnen löslichen Mineralbestandtheile geben die folgenden Zahlen Aufschluß, welche wir einer von Nasse angestellten Analyse der Pferdelymphe verdanken:

In 100 Theilen der Asche

Chlornatrium	73,48
Kohlensaures Alkali . .	20,23
Schwefelsaures Alkali .	4,15
Phosphorsaures Alkali .	2,14.

Hierbei ist jedoch zu bemerken, daß das kohlensaure Alkali fast zur Hälfte von fettsauren Salzen herrührte.

Sehr richtig hat Nasse das stoffliche Wesen der Lymphe zusammengefaßt in den Worten: „Die Lymphe ist demnach eine verdünnte Blutflüssigkeit, in welcher im Verhältniß zum Eiweiß und Fett die löslichen Salze und" (namentlich) „die Extractivstoffe vorwalten" [1]). Indem sich die Lymphe mit dem Chylus durch den Milchbrustgang in das Venenblut ergießt, gelangen in jenen Extractivstoffen die Erzeugnisse der Rückbildung auf einem Umweg in das Blut, die sonst unmittelbar endosmotisch in die Venen übergehen.

§. 4.

Indem die Oxydation des Bluts, wie früher gezeigt wurde, vorzüglich die Entwicklung der Gewebebildner, die Oxydation der Gewebe die Bildung der Ausscheidungsstoffe bedingt, liegt es in der Natur der Sache, daß das Blut bei der Ausscheidung selbst mehr eine leidende Rolle übernimmt. Die wesentlichen Veränderungen des Bluts beschränken sich auf das Austreten der Ausscheidungsstoffe in die Drüsenelemente, bald durch Endosmose, bald durch Diffusion.

Es ist leider so schwierig, sich gehörige Mengen des Bluts, das durch die Schlagadern den Drüsen zugeführt, durch die Adern aus den Drüsen abgeleitet wird, zu verschaffen, daß die Veränderungen,

1) Nasse, a. a. O. S. 402.

welche das Blut durch die Ausscheidung in den einzelnen Drüsen erleidet, erst zu einem sehr kleinen Theil erforscht sind. Ja unsere Kenntnisse beschränken sich eigentlich auf die Veränderungen, welche das Blut durch das Athmen erleidet. Diese sollen hier in der Kürze der Lehre der Ausscheidungserzeugnisse vorausgeschickt werden. Es wird dann leichter sein, die verschiedenen Ausscheidungsstoffe selbst im Zusammenhang zu übersehen.

Bei der allgemeinen Entwicklungsgeschichte der Ausscheidungsstoffe ist schon erörtert, woher die Kohlensäure stammt, die in dem Blute nach den Versuchen von van Enschut, Bischoff, Davy und Magnus regelmäßig als freies Gas enthalten ist. Das Blut enthält aber außerdem Stickstoff, der als ein Erzeugniß des Stoffwechsels betrachtet werden muß, da er mit der ausgeathmeten Luft aus dem Körper ausgeschieden wird. Das dritte freie Gas jedoch, welches im Blut vorhanden ist, der Sauerstoff, wird von außen aufgenommen; er dringt von den Malpighischen Lungenbläschen in die Haargefäße der Lungen und wird mit dem Blut der Lungenadern dem linken Vorhof des Herzens zugeführt. Dieser Sauerstoff bedingt die Umwandlung des venösen Bluts in arterielles.

Den vortrefflichen Untersuchungen, welche Magnus über die Gase des Bluts angestellt hat, verdanken wir einen genauen Zahlenausdruck für das Verhältniß des Sauerstoffs zur Kohlensäure in beiden Blutarten. Während das Blut der Schlagadern auf 16 Raumtheile Kohlensäure 6 Raumtheile Sauerstoff enthält, sind im Blut der Adern auf die gleiche Kohlensäuremenge kaum 4 Raumtheile Sauerstoff zugegen. Aber auch im Vergleich zur ganzen Blutmenge ist der Gehalt an Kohlensäure im venösen Blut größer als im arteriellen. Magendie fand in 100 Raumtheilen des venösen Bluts 78, in dem arteriellen Blut dagegen nur 66 Raumtheile Kohlensäure.

Von diesen Gasen ist nach Magnus der Sauerstoff vorzugsweise in den Blutkörperchen enthalten. Auch nach Lehmann führen gleiche Raumtheile geschlagenen Bluts wenigstens doppelt so viel Luft als gleiche Raumtheile eines mit atmosphärischer Luft geschüttelten Serums. Nach van Maack und Scherer besitzen sogar Hämatinlösungen eine entschiedene Anziehungskraft für den Sauerstoff [1]). —

1) Vgl. Lehmann, a. a. O. Bd. II, S. 180.

Dagegen haben J. Davy und Naſſe gefunden, daß die Blutkörperchen des venöſen Bluts verhältnißmäßig weniger Kohlenſäure binden, als dieſelbe Menge Serum, welche ſie verdrängen. Das geſchlagene Blut nimmt weniger Kohlenſäure auf als das Serum deſſelben Bluts[1]).

Da mit der ausgeathmeten Luft auch Waſſer entweicht, ſo kann es nicht fehlen, daß das Blut während des kleinen Lungenkreislaufs Waſſer verliert. Setzt man alſo das arterielle Blut als Begriff dem venöſen gegenüber, ſo kann es nicht fehlen, daß jenes weniger Waſſer enthält als dieſes. Wenn freilich das Blut irgend einer beliebigen Schlagader mit dem Blute irgend einer bliebigen Ader verglichen wird, dann kann ſich ſehr leicht in vielen Fällen das Umgekehrte herausſtellen, da gerade der Waſſergehalt des Bluts nicht unbedeutenden Schwankungen unterliegt. Daher erklären ſich denn auch die Widerſprüche verſchiedener Schriftſteller[2]). Auffallend iſt es, daß in den Analyſen von Wiß[3]) der Waſſergehalt des Bluts der Nierenvene (784,53 in 1000 Th.) größer gefunden wurde als der des Bluts der Nierenarterie (779,79), da man doch hier in Folge der Harnausſcheidung gerade das Umgekehrte erwarten ſollte.

Indem ſich das venöſe Blut in den Lungen in arterielles verwandelt, wird ein Theil des Eiweißes zu Faſerſtoff oxydirt. Deshalb enthält das venöſe Blut nach Simon und Lehmann mehr Eiweiß, nach Lecanu, Naſſe und Lehmann weniger Faſerſtoff als das arterielle[4]). Der arterielle Faſerſtoff ſoll ſich nach Dénis durch Unlöslichkeit in Salpeterwaſſer vom venöſen unterſcheiden.

Die Blutkörperchen ſind in dem Blut der Arterien vermindert (Mayen, Hering, Naſſe). Dagegen fand Lehmann in den Blutkörperchen von arteriellem Pferdeblut etwas mehr Hämatin, als in dem Blut der äußeren Droſſelader, was dieſer Forſcher dadurch erklärt, daß umgekehrt die Menge des Fetts in arteriellen Blutkörperchen geringer iſt[5]).

Eine Abnahme des Fetts erſtreckt ſich im Blut der Schlagadern

---

1) Vgl. Naſſe, Art. Blut in R. Wagner's Handwörterbuch, Bd I, S. 177.

2) Naſſe, a. a. O. S. 171, 172.

3) Wiß in dem Archiv von Virchow und Reinhardt, Bd. I, S. 262, 263.

4) Vgl. Lehmann, a. a. O. Bd. II, S. 235 und 228.

5) Lehmann, a. a. O. Bd. II, S. 224.

nicht bloß auf den Blutkuchen, sondern ebenso auf das Serum (Simon, Lehmann[1]).

Blutkörperchen und Serum enthalten beide in den Arterien mehr Salze als in den Venen (Nasse, Lehmann).

Alle diese Veränderungen erklären sich offenbar höchst einfach theils durch die Wasserausscheidung, theils durch die Oxydation, welche das venöse Blut, indem es arteriell wird, erleidet.

Um Lehmann's Angabe, daß das arterielle Blut der Pferde mehr, und zwar bedeutend mehr Extractivstoffe enthält, als das venöse[2]), erklären zu können, dazu müßten wir über die Natur dieser Extractivstoffe etwas besser unterrichtet sein. Es ist aber allerdings mehr als wahrscheinlich, daß in diesen Extractivstoffen, wie Mulder annimmt, höhere Oxydationsstufen der eiweißartigen Körper verborgen sind.

In neuester Zeit hat Clément für das arterielle und das venöse Blut des Pferdes die folgenden Zahlen mitgetheilt, welche die arithmetischen Mittel aus je drei Analysen darstellen[3]):

In 1000 Theilen.

	Venöses Blut.	Arterielles Blut.
Eiweiß und Salze . . .	81,23	78,03
Faserstoff	4,97	5,30
Blutkörperchen	98,67	96,87
Wasser	815,13	819,80

Also auch Clément fand weniger Wasser in dem Blut der Arterien als in dem der Venen. Welchen Adern und welchen Schlagadern war das Blut entnommen? Clément's Erklärung der Wasserzunahme durch eine Oxydation des Eiweißes scheint mir durchaus unzulässig[4]).

§. 5.

Die hellrothe Farbe des arteriellen, die dunkelblaurothe Farbe des venösen Bluts ist nur deßhalb der Gegenstand sehr ausführlicher,

---

1) Lehmann's wichtige Zahlen finden sich a. a. O. Bd. II, S. 237.

2) Lehmann, a. a. O. Bd. II, S. 240.

3) Comptes rendus, T. XXXI, p. 289.

4) Vgl. Clément, a. a. O. S. 290.

und nach Verhältniß wenig fruchtbarer Beſprechungen geworden, weil man ſich bemüht hat, Urſachen einer Eigenſchaft aufzufinden, die nur unter günſtigen oder ungünſtigen Bedingungen beſſer oder ſchlechter zur Erſcheinung kommt.

Eine Thatſache ſtand feſt: das Blut wird hell in Folge des Athmens, hell, wenn man Sauerſtoff durchleitet, dunkel dagegen durch Kohlenſäure.

Indem man ſich an das Hämatin hielt als an den Bildner der Farbe, ſuchte man die Bedingung der hellrothen Farbe des arteriellen Bluts zunächſt in einer Oxydation des Hämatins. Am glücklichſten iſt dieſe Anſicht eine Zeit lang offenbar von Bruch vertheidigt worden. Allein ſie wird widerlegt durch die Thatſache, daß der Chemiker keine Oxydationsſtufen des Hämatins kennt (vgl. oben S. 244), während der phyſiologiſche Verſuch lehrt, daß eine bloße Löſung des Hämatoglobulins durch Sauerſtoff keine Farbenveränderung erleidet. Schon Dumas hatte die Beobachtung gemacht, daß das Blut durch Sauerſtoff nicht heller geröthet wird, wenn erſt die Blutkörperchen durch Chloralkalimetalle aufgelöſt worden ſind. Scherer fand in Hämatoglobulinlöſungen, welche keine Körperchen enthielten, den Farbenunterſchied, welchen Sauerſtoff und Kohlenſäure erzeugten, weit geringer als in Blut. Ich ſelbſt konnte in einer mit vielem Waſſer verdünnten Löſung des Hämatoglobulins nach längerem Durchleiten von Sauerſtoff und Kohlenſäure durchaus keine hellere Farbe zu Gunſten des Sauerſtoffs wahrnehmen. Ein Schütteln des Bluts mit Sauerſtoff oder Kohlenſäure habe ich jedoch abſichtlich nicht vorgenommen, weil dieſes auf die Veränderung, die in der Lunge vor ſich geht, keine Anwendung findet.

Wenn nun aus jenen Beobachtungen unzweifelhaft hervorgeht, daß die Veränderung der Blutfarbe bei der Einwirkung von Sauerſtoff und Kohlenſäure an die Gegenwart der Blutkörperchen gebunden iſt, ſo lag es ziemlich nahe, daß man eine phyſikaliſche Erklärung aus Geſtaltveränderungen der Blutkörperchen abzuleiten verſuchte. Und dieſe Anſicht fand einen würdigen Vertreter in Scherer. Scherer glaubte nämlich, daß die Körperchen durch Sauerſtoff im Blut der Säugethiere noch deutlicher biconcav, durch Kohlenſäure biconvex würden; die durch Kohlenſäure in Kügelchen verwandelten Körperchen ſollten aber die rothen Strahlen zerſtreut zurückwerfen und in Folge deſſen das ganze Blut viel dunkler erſcheinen.

Im Falle dieſe Erklärung auf das Blut Anwendung finden ſollte, müßten die Körperchen der Arterien ſich durch ihre Form von denen der Venen unterſcheiden. Allein die Angabe Krimer's, daß die Körperchen des arteriellen Bluts kleiner ſeien als die des venöſen, ſteht ganz vereinzelt und hat vielfach Widerſpruch erlitten [1]). Andererſeits konnte ich mich ebenſo wenig wie Joh. Müller, Henle und andere Mikroſkopiker davon überzeugen, daß ein Durchleiten von Sauerſtoff oder Kohlenſäure im Blut von Säugethieren wirklich eine der Auffaſſung Scherer's entſprechende Formveränderung der Körperchen hervorbringt.

So viel freilich läßt ſich nicht läugnen, daß diejenigen Mittel, welche die Geſtalt der Blutkörperchen in der von Scherer angenommenen Weiſe verändern, das Blut häufig hell oder dunkel färben. Auf Zuſatz von Waſſer wird das Blut bekanntlich dunkel, und Henle hat zuerſt dieſe Erſcheinung mit der Ausdehnung der biconcaven Scheiben zu Kügelchen in Zuſammenhang gebracht. Starke Salzlöſungen bewirken eine Runzelung der Körperchen und in Folge dieſer wird die Farbe heller. So fanden Donders und ich bei einer großen Anzahl von Verſuchen mit verſchiedenen Salzlöſungen, daß die Farbe des Bluts ſich um ſo mehr vom Steinrothen entfernt und dem dunkel Weinrothen ſich nähert, je leichter die betreffende Salzlöſung die Körperchen auflöſt [2]). Auf der anderen Seite geht man viel zu weit, wenn man alle Einflüſſe, die ein Zuſammenſchrumpfen der Körperchen bedingen, eine lichtere Farbe erzeugen läßt. Ich ſah mit Donders die Blutkörperchen durch ſtarke Salpeterſäure grünlich braun, das Blut olivenbraun werden, und doch waren die Körperchen nicht aufgequollen; durch ſtarke Kalilauge ſchrumpfen die Körperchen zuſammen, das Blut aber wird dadurch bei durchfallendem Licht undurchſichtig ſchwarz, bei auffallendem Licht kaſtanienbraun [3]). Ja es iſt mir nach neueren Beobachtungen durchaus zweifelhaft geworden, ob die durch Salzlöſungen erzeugte Runzelung wirklich die hellere Farbe bedingt. Ich ſah nämlich das Kalbsblut durch eine Löſung von Eiweiß und Kochſalz, die kein

1) Naſſe, a. a. O. S. 171.

2) Donders und Moleſchott, in Holl. Beiträgen, Bd. I, S. 377.

3) Donders und Moleſchott, a. a. O. S. 370—372.

Verſchrumpfen der Körperchen bewirkte, ebenſo gut hellroth werden, wie durch eine Löſung von Kochſalz allein.

Nichtsdeſtoweniger könnte man den Farbenunterſchied des arteriellen und venöſen Bluts vielleicht auf die angegebene Geſtaltveränderung der Blutkörperchen zurückführen, wenn ſich dieſe wirklich zur Beobachtung bringen ließen. Nach Lehmann quellen zwar die Körperchen in dem Blut von Fröſchen auf, die man in einer kohlenſäurereichen Atmoſphäre hat erſticken laſſen. Allein bei der gelinderen Einwirkung der Gaſe, die beim Athmen ſtattfindet, beim bloßen Durchleiten von Sauerſtoff und Kohlenſäure läßt ſich die vorausgeſetzte Formveränderung nicht beobachten.

Eine dritte Erklärung, die von Mulder ausging, ſucht die begünſtigende Bedingung des Farbenunterſchieds in einer chemiſchen Veränderung der Hülle der Blutkörperchen. Mulder nahm nämlich an, es würde durch den Sauerſtoff ein Eiweißkörper des Bluts zu den ſogenannten Proteinoxyden oxydirt und es legte ſich eine Schichte des höher oxydirten Eiweißſtoffs um die Körperchen herum. In Folge deſſen ſollte das Hämatin im arteriellen Blut durch die undurchſichtigere Hülle der Körperchen weniger durchſchimmern, das ganze Blut aber heller erſcheinen. Donders hat, indem er den Gedanken Mulder's feſthielt, dieſer Anſicht eine andere Wendung gegeben. Er glaubt nämlich, die Hülle der Körperchen werde durch Kohlenſäure gallertig, durch Sauerſtoff feſt, weißer und weniger durchſichtig. Im Einklang mit dieſer Auffaſſung ſah Harleß die Körperchen des Froſchbluts durch Sauerſtoff blaß gelblich, ihre Hülle fein körnig werden, während dagegen Kohlenſäure die Hülle glashell und die Farbe der einzelnen Körperchen bei Lampenlicht roth erſcheinen ließ. So wenig ich daran zweifle, daß man bei ſtärkerer Einwirkung von Sauerſtoff und Kohlenſäure dieſe Veränderung wirklich zur Anſchauung bringen kann, ſo muß ich doch ausdrücklich bemerken, daß ich dieſelbe beim bloßen Durchleiten von Sauerſtoff oder Kohlenſäure weder an den Blutkörperchen des Kalbs, noch an denen des Huhns erzeugen konnte.

Es iſt alſo weit davon entfernt, daß man irgend eine der angenommenen Veränderungen als Urſache des Farbenunterſchieds hinſtellen dürfte. Eine Oxydation des Hämatins findet gar nicht ſtatt, und die Veränderung der Geſtalt oder der Hülle der Blutkörperchen wird beim bloßen Durchleiten von Sauerſtoff oder Kohlenſäure nicht beobachtet. Ja ich gehe weiter und behaupte beſtimmt, daß Niemand

ſich getrauen wird durch eine mikroſkopiſche Unterſuchung arterielle und venöſe Blutkörperchen von einander zu unterſcheiden. Deshalb wäre es mehr als gewagt, wenn man den größeren Salzgehalt des arteriellen, den größeren Waſſergehalt des venöſen Bluts als begünſtigende Verhältniſſe für eine Formveränderung in Anſpruch nehmen wollte. Der einzige Unterſchied zwiſchen dem Blut der Schlagadern und dem der Adern, der unabhängig von der einfachen Anweſenheit des Sauerſtoffs oder der Kohlenſäure auf die Farbe ſeinen Einfluß übt, ſcheint in der größeren Zahl der Körperchen des venöſen Bluts zu liegen.

Sonſt iſt man beſchränkt auf die Angabe, daß Blut, welches Sauerſtoff aufgelöſt enthält, hellroth, Blut, welches mit Kohlenſäure geſchwängert iſt, dunkel blauroth erſcheint. Die Frage: warum? iſt hier durchaus unlogiſch. Ebenſo gut ließe ſich fragen, warum Chlorophyll grün oder Carmin roth iſt. Für eine Eigenſchaft giebt es keine Urſache. Das eine oberſte Geſetz, das in allen ähnlichen Fällen Anwendung findet, daß jeder Verſchiedenheit der Eigenſchaften eine ſtoffliche Verſchiedenheit entſpricht, iſt hier erfüllt. Denn das arterielle Blut enthält mehr Sauerſtoff und weniger Kohlenſäure und iſt auch ſonſt weſentlich anders zuſammengeſetzt als das venöſe. Das Blut der Weinbergſchnecke wird nach von Bibra und Harleß durch Sauerſtoff blau, durch Kohlenſäure farblos. Farbe und Miſchung ſind aber ungleichartige Begriffe, die ſich nicht durch einander erklären laſſen, wenn gleich eine Veränderung der Miſchung eine Veränderung der Farbe bedingt [1]).

Das iſt die größte Errungenſchaft, welche die allgemeine Wiſſenſchaft der Phyſiologie des Stoffwechſels verdankt, daß es als bewieſene Wahrheit gelten darf: jeder Veränderung der Miſchung muß eine Veränderung der Eigenſchaften entſprechen.

---

1) Vgl. meine Phyſiologie der Nahrungsmittel, Darmſtadt 1850 S. 90, 91.

Kap. IV.

Die Ausſcheidungen.

Die ausgeathmete Luft.

§. 1.

Von Lungen und Haut entweichen die Gaſe, die wir als Endprodukte des Stoffwechſels im vorigen Kapitel kennen lernten. Kohlenſäure und Waſſerdampf ſind die Hauptſtoffe, welche auf dieſem Wege den Körper verlaſſen.

Aber auch die zerfallenden Eiweißkörper und ihre Abkömmlinge liefern ihren Beitrag zu der ausgeſchiedenen Luft, wenn ſie gleich vorzugsweiſe mit dem Harn dem Körper entzogen werden.

Schon Dulong und Despretz hatten unabhängig von einander eine Entwicklung von Stickſtoff beim Athmen beobachtet. Marchand ſah Meerſchweinchen im Mittel von 10 Verſuchen auf hundert Raumtheile ausgeathmeter Kohlenſäure 0,94 Stickſtoff, Tauben im Mittel aus 3 Verſuchen 0,85 aushauchen. Nach Regnault und Reiſet[1]) ſoll die Menge des Stickſtoffs, die von Säugethieren und Vögeln entwickelt wird, gewöhnlich weniger als $^1/_{100}$, niemals aber mehr als $^2/_{100}$ vom Gewicht des verzehrten Sauerſtoffs betragen. Barral fand beim Menſchen die Menge des ausgehauchten Stickſtoffs gleich etwa $^1/_{100}$ des Raums der ausgehauchten Kohlenſäure.

Es iſt bekannt, wie ſchon früher Bouſſingault, indem er in der aufgenommenen Nahrung mehr Stickſtoff fand als in den ſo-

---

1) Vgl. die klaſſiſche, großartige Arbeit von Regnault und Reiſet in den Annales de chimie et de physique, 3e sér. T. XXVI, p 510, oder in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXXIII, S. 102, 103.

genannten greifbaren Ausſcheidungen des Pferdes und der Kuh, bei gleich bleibendem Gewicht des Körpers, den Beweis lieferte, daß ein Theil des Stickſtoffs der Nahrungsmittel mit den nicht greifbaren Ausſcheidungen, durch die ſogenannte Perſpiration entweichen müſſe. Unter der Perſpiration begreift man die geſammte mit Waſſerdunſt geſchwängerte Luft, die von Haut und Lungen ausgeſchieden wird.

Schon vor längerer Zeit hat Marchand darauf aufmerkſam gemacht, daß die ausgeathmete Luft auch etwas Ammoniak enthält. Nach von Gorup-Beſanez kann man ſich davon ſehr leicht überzeugen, wenn man die ausgeathmete Luft durch eine Löſung von Hämatoxylin ſtreichen läßt (vgl. oben S. 328). Thomſon giebt an, daß mit der ausgeathmeten Luft in 24 Stunden 0,195 Gramm kohlenſauren Ammoniaks entweichen [1]). Die unübertrefflichen Verſuche von Regnault und Reiſet ſind der Anweſenheit von Ammoniak in der ausgeathmeten Luft ſehr wenig günſtig. Immer waren die Mengen von Ammoniak in den Perſpirationsgaſen äußerſt gering, ja ſogar zweifelhaft. In einem Verſuch wurde in der eingeathmeten Luft mehr Ammoniak gefunden als in der durch Perſpiration gewonnenen [2]).

Nach Regnault und Reiſet iſt in den Erzeugniſſen der Perſpiration eine äußerſt geringe Menge ſchwefelhaltiger Gaſe enthalten.

Daß endlich auch flüchtige organiſche Stoffe durch die Lungen ausgeſchieden werden können, geht einmal daraus hervor, daß ausgeathmete Luft in einer verſchloſſenen Flaſche nach einiger Zeit einen fauligen Geruch annimmt, andererſeits daraus, daß der Athem ſo häufig nach flüchtigen Oelen der Nahrungsmittel riecht.

In den Mengenverhältniſſen der ausgeathmeten Ausſcheidungsſtoffe zeigen ſich außerordentlich große Schwankungen, welche durch die vortrefflichen Unterſuchungen von Scharling, Vierordt, Regnault nnd Reiſet auf eine Anzahl von weſentlichen Einflüſſen zurückgeführt ſind, welche das ſchönſte Licht über die Phyſiologie des Stoffwechſels verbreiten.

Unter gewöhnlichen Verhältniſſen fanden Valentin und Brunner als Mittel zahlreicher Verſuche in 100 Raumtheilen der von ih-

1) Berzelius (Svanberg), Jahresbericht, 28ſter Jahrgang, S. 493.

2) Regnault und Reiſet in den Annalen von Liebig und Wöhler Bd. LXXIII, S. 309.

nen ausgeathmeten Luft 4,14, Vierordt in der seinigen 4,33 Kohlensäure.

Der Gehalt der ausgeathmeten Luft an Wasserdunst zeigt schon unter gewöhnlichen Verhältnissen eine viel größere Verschiedenheit, weil die Menge des Wasserdunstes, den wir einathmen, innerhalb so breiter Grenzen schwankt (vgl. oben S. 24, 25). Am allerleichtesten würde diese Verschiedenheit sich erklären, wenn man wirklich mit Valentin annehmen dürfte, daß die Ausathmungsluft mit Wasserdunst gesättigt wäre. Obgleich Valentin diese Behauptung in neuerer Zeit nicht nur auf theoretische Gründe, sondern auch auf Versuche stützt, kann ich nach eigenen Versuchen jenem Satze nicht beipflichten. Bei einer unmittelbaren Vergleichung der Ausathmungsluft mit gleichen Raumtheilen einer bei 37° mit Wasserdunst gesättigten Luft fand ich in der Mehrzahl der Fälle, daß die ausgeathmete Luft mit Wasser nicht gesättigt ist, ja daß in einzelnen Fällen die gesättigte Luft $^1/_3$ bis $^1/_2$ Gewichtstheil Wasser mehr enthält [1]). Mulder hat, wie ich glaube, die richtige Erklärung meiner Beobachtungen gegeben, indem er darauf aufmerksam macht, daß die Spannung des Wassers des Blutserums eine andere ist als die von reinem Wasser. Eine Sättigung der ausgeathmeten Luft mit Wasser würde nur dann stattfinden, wenn die Haargefäße der Lungen reines Wasser führten [2]). Offenbar hat jedoch auch die Länge und Kürze der Zeit, während welcher die Luft in den Lungen verweilt, einen wesentlichen Einfluß auf die Menge des Wasserdunstes, die von den Lungen ausgeschieden wird. — Valentin athmet durchschnittlich in der Minute 0,25 Gramm Wasser aus.

Ueber das Verhältniß der Gase, welche durch die Haut, zu denen, welche durch die Lungen entweichen, sind nur für die Kohlensäure Versuche angestellt. Scharling fand beim Menschen das Verhältniß der von der Haut gelieferten Kohlensäure zu derjenigen, die von den Lungen ausgehaucht wird, gleich 1 : 26,78. Dagegen soll

---

1) Moleschott, in den holländischen Beiträgen von van Deen, Donders und Moleschott, Bd. I, S. 97.

2) Mulder, proeve eener algemeene physiologische scheikunde, Rotterdam 1850, p. 1219.

nach Regnault und Reiſet [1]) die Menge der durch die Haut ausgeſchiedenen Kohlenſäure bei Säugethieren und Vögeln nur ſelten $^1/_{50}$ von der aus den Lungen entweichenden betragen. Alſo wäre die Hautathmung beim Menſchen thätiger als bei den Thieren, wie man es mit Rückſicht auf den Bau der Haut von vorn herein erwarten konnte.

§. 2.

Je nach den Thierklaſſen zeigt ſich die Lebendigkeit des Athmens außerordentlich verſchieden. Vierordt hat dies anſchaulich gemacht, indem er die Menge des Kohlenſtoffs, die in 24 Stunden in der ausgeathmeten Luft entweicht, nach Zahlen der neueſten Beobachter für Vertreter der vier Wirbelthierklaſſen zuſammenſtellte [2]).

Die Zahlen beziehen ſich auf 100 Gramm Körpergewicht:

Schleihe (Humboldt und Provençal)	0,024	Gramm	= 1
Froſch (Marchand)	0,087	„	= 4
Menſch (Scharling)	0,292	„	= 12
Taube (Bouſſingault)	2,742	„	= 114.

Auch Regnault und Reiſet haben beſtätigt, daß die Amphibien bei gleichem Körpergewicht, ohne daß ſich das Verhältniß des eingeathmeten Sauerſtoffs zur ausgeathmeten Kohlenſäure merklich verändert, weniger Sauerſtoff verbrauchen als die warmblütigen Wirbelthiere.

Eine und dieſelbe Klaſſe zeigt wieder eine weſentliche Verſchiedenheit für die einzelnen Gattungen und Arten. Nach Regnault und Reiſet verzehren die Eidechſen für ein gleiches Körpergewicht 2 bis 3 mal mehr Sauerſtoff als die Fröſche [3]).

Die Inſekten, Maikäfer und Seidenwürmer, verzehren für ein gleiches Körpergewicht beinahe ſo viel Sauerſtoff wie die Säugethiere.

---

1) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXXIII, S. 311.

2) Vierordt in ſeinem Artikel Reſpiration, in R. Wagner's Handwörterbuch, Bd. II, S. 859.

3) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXXIII, S. 298.

Regenwürmer ſtehen hinſichtlich der Thätigkeit des Athmens den Fröſchen beinahe gleich (Regnault und Reiſet).

Von Thieren, welche zu derſelben Klaſſe gehören, verzehren kleine Arten mehr Sauerſtoff als die großen. So wird nach Regnault und Reiſet von Sperlingen und Grünfinken zehnmal mehr Sauerſtoff verbraucht als von Hühnern.

Für gleiches Körpergewicht verzehren junge Thiere mehr Sauerſtoff als erwachſene (Regnault und Reiſet). Ebenſo wird nach Andral und Gavarret für gleiches Körpergewicht von Kindern und angehenden Jünglingen in einer gegebenen Zeiteinheit mehr Kohlenſäure ausgehaucht als von Erwachſenen. Wenn man jedoch nicht mit dem Körpergewicht vergleicht, dann erleidet die in einer Stunde ausgehauchte Kohlenſäure eine Vermehrung von den Kinderjahren bis ins Jünglingsalter. Während nun beim Mann dieſe Steigerung bis etwa zum dreißigſten Jahre fortdauert, findet ſich beim weiblichen Geſchlecht mit dem Eintritt der monatlichen Regeln ein Stillſtand ein, der erſt in ſpäteren Jahren nach dem Aufhören der monatlichen Reinigung einer geringen Zunahme der ausgeathmeten Kohlenſäure weicht. Beim Manne zeigt ſich ſchon zwiſchen dem dreißigſten und vierzigſten Jahre ein ganz allmäliges Sinken der Kohlenſäure, das bei beiden Geſchlechtern in höherem Alter in eine bedeutende Verminderung übergeht. Andral und Gavarret.

Abgeſehen von der Verſchiedenheit, die ſich ſchon aus jenen Angaben für Männer und Frauen ergiebt, geht aus den Zahlen von Andral und Gavarret hervor, daß die Menge der ausgeathmeten Kohlenſäure in einer gegebenen Zeiteinheit beim Weibe durchſchnittlich $^1/_3$ kleiner iſt als beim Manne.

Geſunde magere Thiere verzehren für ein gleiches Körpergewicht mehr Sauerſtoff als fette (Regnault und Reiſet). Das Fettwerden läßt ſich in ſehr vielen Fällen dadurch erklären, daß weniger Kohlenſäure ausgeſchieden wird. Weil weniger Fett verbrennt, bleibt mehr Fett in den Geweben angehäuft.

Das Verhältniß des in der ausgeathmeten Kohlenſäure entweichenden Sauerſtoffs zu dem aus der eingeathmeten Luft verbrauchten iſt nach Regnault und Reiſet weit mehr abhängig von der Nahrung als von der Klaſſe der Thiere. Schon Dulong und Despretz hatten gefunden, daß bei den Fleiſchfreſſern für eine gleiche Menge ausgehauchter Kohlenſäure viel mehr Sauerſtoff der eingeathmeten

Luft verſchwindet als bei Pflanzenfreſſern. Ganz ebenſo fanden Regnault und Reiſet bei einem und demſelben Thiere das Verhältniß des in der ausgeathmeten Kohlenſäure enthaltenen zu dem verſchwindenden Sauerſtoff bei Brod und Körnern weit größer als bei ausſchließlicher Fleiſchkoſt. Nach der Fütterung mit Brod und Körnern kann das Verhältniß die Einheit übertreffen, bei ausſchließlicher Fleiſchnahrung ſchwankt es zwiſchen 0,62 und 0,80, während beim Genuß von Gemüſen und Kräutern das mittlere Verhältniß ſtattfindet. Wenn man den Sauerſtoffgehalt von Zucker oder Stärkmehl vergleicht mit dem Sauerſtoffgehalt von Fett oder Eiweiß, dann ergiebt ſich unmittelbar, daß die Erzeugung einer gleichen Menge von Kohlenſäure bei Fleiſchkoſt einen größeren Sauerſtoffverbrauch vorausſetzt als bei Pflanzennahrung. Geht man alſo umgekehrt von einem gleichen Sauerſtoffverbrauch aus, dann muß unter ſonſt gleichen Verhältniſſen nach pflanzlicher Nahrung mehr Kohlenſäure ausgeſchieden werden als nach ausſchließlicher Fleiſchkoſt.

Bei gleicher Thierart iſt das Verhältniß des Sauerſtoffs, der in der Kohlenſäure entweicht, zum Sauerſtoff, der verzehrt wird, bei vollkommen gleicher Nahrung ein ziemlich beſtändiges. Regnault und Reiſet.

In Folge eines aufgenommenen Mahles wird nach Vierordt die Menge der ausgeathmeten Kohlenſäure bedeutend geſteigert. Regnault und Reiſet haben dieſen auf zahlreiche Verſuche geſtützten Ausſpruch Vierordt's beſtätigt, indem ſie bei nüchternen Kaninchen nicht nur den Sauerſtoffverbrauch anſehnlich verringert, ſondern auch im Verhältniß zu dieſem die Menge der ausgeathmeten Kohlenſäure vermindert fanden. Bei nüchternen Hunden beobachteten jene Forſcher nur eine geringe Abnahme der ausgeathmeten Kohlenſäure [1]). Es iſt eine der wichtigſten Thatſachen, welche durch die klaſſiſche Arbeit jener franzöſiſchen Forſcher ermittelt wurden, daß das Verhältniß des in der Kohlenſäure ausgehauchten Sauerſtoffs zu dem verzehrten während des Faſtens nahezu daſſelbe iſt wie nach Fleiſchkoſt. Bei ausſchließlicher Fettkoſt liefern Hunde weniger Kohlenſäure als im nüchternen Zuſtande.

---

1) Regnault und Reiſet in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXXIII, S. 269, 274.

Während unter den regelrechten Verhältniſſen mit den Perſpirationsgaſen Stickſtoff entwickelt wird, ſahen Regnault und Reiſet bei Säugethieren bisweilen, bei Vögeln beinahe regelmäßig eine kleine Menge des eingeathmeten Stickſtoffs verſchwinden. Bei Hühnern dauerte dieſe Aufnahme von Stickſtoff ſogar eine Zeit lang fort, als ſie nach mehrtägigem Faſten auf einmal Fleiſch als Futter bekamen.

Nach den Unterſuchungen von Regnault und Reiſet wird weder die Menge des verbrauchten Sauerſtoffs, noch das Verhältniß von dieſem zu dem in der ausgeathmeten Kohlenſäure enthaltenen merklich verändert, wenn Säugethiere eine ſauerſtoffreiche Luft athmen[1]). Während Regnault und Reiſet bei Thieren verſchiedener Klaſſen in einer Luft, welche dreimal mehr Sauerſtoff enthielt als die gewöhnliche Atmoſphäre, daſſelbe Ergebniß erhielten, ſah Marchand Fröſche, die in reinem Sauerſtoff athmeten, weit mehr Sauerſtoff aufnehmen und, wenngleich bei Weitem nicht in demſelben Verhältniß, auch mehr Kohlenſäure ausſcheiden[2]).

Wenn eine Luft nur Sauerſtoff genug enthält, dann kann ein beträchtlicher Theil ihres Stickſtoffs durch Kohlenſäure erſetzt ſein, ohne daß Athmungsbeſchwerden entſtehen. Regnault und Reiſet ſahen Thiere ungehindert athmen in einer Atmoſphäre, in welcher mehr als die Hälfte des Raums aus Kohlenſäure beſtand[3]). Alſo iſt es der Verbrauch des Sauerſtoffs, nicht die Entwicklung von Kohlenſäure, welche die Luft verdirbt, ein Punkt, der bei der Beurtheilung der Luft in öffentlichen Gebäuden die höchſte Aufmerkſamkeit verdient.

In einer Luft, in welcher der Stickſtoff großentheils durch Waſſerſtoff erſetzt iſt, bleibt das Verhältniß der von Kaninchen ausgehauchten Kohlenſäure zu dem verzehrten Sauerſtoff ziemlich gleich; es wird aber weit mehr Sauerſtoff verzehrt als unter gewöhnlichen Verhältniſſen.

Der Einfluß der Wärme auf die Ausſcheidung der Kohlenſäure iſt zuerſt von Vierordt mit wiſſenſchaftlicher Schärfe ermittelt

---

1) A. a. O. S. 302, 303.

2) Vgl. Vierordt, Art. Reſpiration in Rud. Wagner's Handwörterbuch, S. 862.

3) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXXIII, S. 264, 265.

worden. Aus Vierordt's zahlreichen Verſuchen hat ſich aufs Beſtimmteſte ergeben, daß eine Erhöhung des Wärmegrads die Menge der Kohlenſäure in einer gegebenen Zeit ſowohl, wie in gegebenen Raumtheilen der ausgeathmeten Luft bedeutend vermindert [1]). Ebenſo fanden Regnault und Reiſet, daß Hunde bei niederen Wärmegraden in einer Stunde mehr Sauerſtoff verzehren als in höher erwärmter Luft.

Vögel athmen bei größerer Wärme mehr Stickſtoff aus als bei niederen Wärmegraden. Regnault und Reiſet.

Es iſt wiederum Vierordt's Verdienſt, daß wir über die Wirkung des erhöhten Luftdrucks auf die Menge der ausgeathmeten Kohlenſäure genau unterrichtet ſind. Hundert Raumtheile ausgeathmeter Luft enthalten zwar bei höherem Luftdruck weniger Kohlenſäure als ſonſt, da jedoch die Menge der überhaupt ausgehauchten Luft in einer gegebenen Zeiteinheit beträchtlich vermehrt iſt, ſo wird dadurch die Abnahme der Kohlenſäure, die in einer beſtimmten Zeit ausgeſchieden wird, beinahe gleich Null.

Daß körperliche Bewegung die Menge der ausgeathmeten Kohlenſäure um ein Bedeutendes zu ſteigern vermag, iſt durch die Unterſuchungen von Vierordt und Laſſaigne [2]) bewieſen. Dieſer Einfluß iſt ſo mächtig, daß er den der Wärme aufzuheben im Stande iſt. Während des Winters werden Pferde im Stall fett, die im Sommer auf der Weide mager werden.

In derſelben Richtung wie die Bewegung wirkt aber jede größere Kraftäußerung des Körpers. Ohne Zweifel gehört hierher Haller's Beobachtung, daß viele männliche Thiere in der Brunſtzeit das Mark aus den Knochen verlieren.

Während des Schlafs iſt die Ausſcheidung der Kohlenſäure anſehnlich vermindert. Nach Regnault und Reiſet beträgt das Verhältniß des in der Kohlenſäure entweichenden Sauerſtoffs bei winterſchlafenden Murmelthieren zu dem Sauerſtoff, den ſie verbrauchen, mitunter nur 0,4. Und die Menge des Sauerſtoffs, den ſie aufnehmen, iſt ſelbſt ſo bedeutend verringert, daß ſie häufig nur $^1/_{30}$

1) Vierordt, Phyſiologie des Athmens, Karlsruhe 1845, S. 73—82.

2) Laſſaigne in dem Journal von Erdmann und Marchand, Bd. XLVII, S. 136.

beträgt von dem Sauerſtoff, den ein wachendes Murmelthier verzehrt. Daher können ſchlafende Murmelthiere lange Zeit hindurch in einer Luft leben, die ſo arm iſt an Sauerſtoff, daß ſie ein wachendes Thier ſogleich erſticken müßte.

Zwiſchen der Wärme der Winterſchläfer und dem Wärmegrad der umgebenden Luft iſt der Unterſchied ſehr gering. In Folge deſſen verlieren winterſchlafende Murmelthiere wenig Waſſer durch Verdunſtung. Da nun häufig das Gewicht des eingeathmeten Sauerſtoffs während des Winterſchlafs größer iſt als das Gewicht der ausgehauchten Kohlenſäure, da außerdem häufig Stickſtoff aus der eingeathmeten Luft verſchwindet, ſo erklärt ſich hierdurch die merkwürdige Beobachtung von Regnault und Reiſet, daß das Gewicht der im Winterſchlaf verharrenden Murmelthiere zunimmt, eine Zunahme, die nur durch den zeitweiſe abgehenden Harn eine Unterbrechung erleidet.

Erſtarrte Eidechſen verbrauchen achtmal weniger Sauerſtoff als vollkommen erwachte.

Die Larven der Seidenwürmer hauchen im Verhältniß zum verzehrten Sauerſtoff weniger Kohlenſäure aus als die Raupen. Und überdies nehmen die Raupen etwa zehnmal mehr Sauerſtoff auf als die Larven. Regnault und Reiſet.

Obgleich bei Thieren die Oxydation, welche der eingeathmete Sauerſtoff bewirkt, ebenſo allgemein iſt, wie die Erſcheinungen der Reduction bei den Pflanzen, ſo fehlt es doch auch hier nicht an Ausnahmen. B. Thomſon, Wöhler, Auguſt und Charles Morren haben beobachtet, daß viele Infuſorien Sauerſtoff ausſcheiden und alſo auch durch dieſe Aehnlichkeit mit den Pflanzen an der niederſten Grenze des Thierreichs zu ſtehen verdienen. Die Wahrnehmung der beiden Morren betraf Chlamidomonas pulvisculus und einige andere noch niedriger ſtehende grüne Thierchen [1]).

1) Vgl. Liebig's Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Phyſiologie, ſechſte Auflage, S. 461—464.

Der Harn.

§. 3.

Wenn mit den Perſpirationsgaſen vorzüglich die Erzeugniſſe des Verfalls der Fette und Fettbildner den Thierleib verlaſſen, ſo werden mit dem Harn hauptſächlich die zerfallenen Eiweißkörper ausgeleert.

Der Hauptbeſtandtheil des Harns iſt der Harnſtoff, $N^2 C^2 H^4 O^2$ nach Prout, der in farbloſen, plattgedrückten, langen vierſeitigen Säulen kryſtalliſirt.

In Waſſer und Alkohol iſt der Harnſtoff leicht löslich, wenig dagegen in Aether. Die wäſſerige Löſung des Harnſtoffs iſt neutral; ſie wird durch Metallſalze, Gerbſäure oder andere Prüfungsmittel nicht gefällt. Mit einigen Säuren geht der Harnſtoff kryſtalliſirbare Verbindungen ein, ſo mit Salpeterſäure und mit Kleeſäure.

Zur Darſtellung des Harnſtoffs wird der Morgenharn bis zur Syrupsdichtigkeit eingedampft und der noch heiße Rückſtand mit etwa gleichen Theilen Salpeterſäure vermiſcht. Es bildet ſich ein kryſtalliniſcher Brei von ſalpeterſaurem Harnſtoff, der zwiſchen Fließpapier ausgedrückt und darauf in verdünnter heißer Salpeterſäure gelöſt wird. Letztere zerſtört den Farbſtoff. Der aufs Neue kryſtalliſirte ſalpeterſaure Harnſtoff wird durch kohlenſauren Baryt zerlegt, die Löſung bei gelinder Wärme abgedampft. Der Rückſtand beſteht aus ſalpeterſaurem Baryt, der in Weingeiſt unlöslich, und aus Harnſtoff, der in Weingeiſt löslich iſt. Man zieht alſo den Harnſtoff durch Weingeiſt aus dem Rückſtand aus und reinigt ihn vollends durch Kryſtalliſation.

Neben dem Harnſtoff iſt die Harnſäure als ein Hauptbeſtandtheil des Harns des Menſchen und der fleiſchfreſſenden Säugethiere zu betrachten. Nach der Analyſe von Benſch wird ſie ausgedrückt durch die Formel $N^2 C^5 HO^2 + HO$. Sie bildet im reinen Zuſtande ein glänzend weißes, kryſtalliniſches Pulver, das aus unregelmäßigen Schuppen zu beſtehen pflegt.

Kaltes Waſſer löſt die Harnſäure kaum, heißes nur in äußerſt geringer Menge — 1 Theil Harnſäure erfordert 1800—1900 Theile heißen Waſſers —, Alkohol und Aether löſen ſie gar nicht. Wenn die Harnſäure mit etwas Salpeterſäure auf dem Waſſerbade bis zur Trockne

verdampft wird, dann entsteht eine schöne Purpurfarbe, die durch vorsichtigen Zusatz von Ammoniak noch prächtiger zum Vorschein kommt, dabei aber in der Regel einen Stich ins Violette annimmt. Das Zersetzungsprodukt, das auf diese Weise gebildet wird, ist das Murexid oder sogenanntes purpursaures Ammoniak, $N^5 C^{12} H^6 O^8$.

Die meisten harnsauren Salze sind in Wasser unlöslich. Nur mit Kali und Natron bildet die Harnsäure etwas weniger schwer in Wasser, dagegen in Alkohol sehr wenig und in Aether gar nicht lösliche Neutralsalze. Mit Ammoniak und anderen Basen bildet die Harnsäure nur saure Salze, die ebenso wie die sauren Salze von Kali und Natron in Wasser außerordentlich schwer löslich sind.

Im Harn pflegt die Harnsäure an Natron gebunden zu sein.

Eine sehr einfache Darstellung der Harnsäure, welche die reichste Ausbeute giebt, ist kürzlich von Delffs empfohlen worden [1]). Gepulverte Schlangenexcremente, die fast ganz aus harnsauren Salzen bestehen, werden mit gleichen Gewichtstheilen käuflichen Aetzkalis und mit der 14fachen Gewichtsmenge Wasser bis zum Sieden erhitzt. Die siedendheiße Lösung läßt man unmittelbar vom Filtrum in ein Gemisch von 2 Theilen Schwefelsäure und 8 Theilen Wasser fließen, während man die Flüssigkeit von Zeit zu Zeit umrührt. Dann wird die Harnsäure als krystallinisches Pulver ausgeschieden, und zwar fällt sie um so dichter nieder, je heißer die Mischung ist. Man kann die Flüssigkeit ein Paar Mal abgießen, bevor man das Auswaschen auf dem Filter beginnt. Delffs erhielt bei diesem Verfahren aus nicht allzu unreinen Schlangenexcrementen 80 Procent Harnsäure; und wenn die Excremente aus reinem doppelt harnsaurem Ammoniumoxyd bestänben, würde man nur 91 Procent freier Harnsäure gewinnen können.

Bei den Pflanzenfressern ist die Harnsäure des Harns durch Hippursäure ersetzt, eine Säure, die nach Liebig in geringer Menge auch im Harn des Menschen vorzukommen pflegt. Liebig hat dieselbe zuerst im Pferdeharn nachgewiesen.

Der Hippursäure oder Pferdeharnsäure gehört nach Mitscherlich die Formel $NC^{18} H^8 O^5 + HO$. Die Krystalle bilden weiße, lange, vierseitige Prismen.

In 400 Theilen kalten Wassers wird die Hippursäure gelöst,

1) Delffs in Poggendorff's Annalen, Bd. LXXXI, S. 310.

also ebenso leicht wie der Gyps, leichter in heißem Wasser und in Alkohol, nur wenig in Aether. Wenn man die Hippursäure in einem Proberöhrchen im trocknen Zustande langsam erhitzt, dann schmilzt dieselbe zu einer farblosen Flüssigkeit, die sich allmälig röthlich bräunt. Hat man eine kleine Probe genommen, dann erkennt man die gleichzeitige Bildung von Benzoësäure an dem Geruch. Bei einer größeren Menge der Pferdeharnsäure bildet sich in den höheren Theilen des Proberöhrchens ein Sublimat, das aus Benzoësäure und benzoësaurem Ammoniak besteht.

Nach der schönen Entdeckung von Dessaigne zerfällt die Hippursäure, wenn sie mit starken Mineralsäuren gekocht wird, in Benzoësäure und Leimzucker:

Hippursäurehydrat Leimzucker Benzoësäurehydrat.

$$NC^{18}H^{8}O^{5} + HO = NC^{4}H^{5}O^{4} + C^{14}H^{5}O^{3} + HO - 2\,HO.$$

Die Hippursäure nimmt bei dieser Spaltung 2 Aeq. Wasser auf, und diese Zerlegung hat Strecker bei der Auffassung der Constitution der Gallensäure als Muster gedient. Die Cholsäure ist in derselben Weise aus Leimzucker und Cholalsäure gepaart, wie die Hippursäure aus Leimzucker und Benzoësäure. Beim bloßen Verdampfen des Harns zersetzt sich nach Lehmann die Hippursäure leicht in Benzoësäure. Daher hat man im Harn von Pferden und Menschen Benzoësäure gefunden [1]).

Die hippursauren Alkalien und Erden sind in Wasser löslich, die hippursauren Metalloxyde in Wasser nur schwer.

Man bereitet die Hippursäure am besten aus möglichst frischem Pferdeharn. Dieser wird bis auf $^1/_8$ seines Raums verdampft und mit einem Ueberschuß von Salzsäure versetzt. Dann bildet sich nach einiger Zeit ein gelblich brauner, krystallinischer Niederschlag, der mit Kalkmilch gekocht wird. Aus der heißen, filtrirten Lösung fällt kohlensaures Natron den Kalk. Wenn dieser abgeschieden ist, wird durch Chlorcalcium das überschüssige kohlensaure Natron niedergeschlagen; der kohlensaure Kalk nimmt dabei zugleich den Farbstoff in unlösliche Verbindung auf. Die filtrirte Flüssigkeit enthält hippursaures Natron,

1) Vgl. Lehmann, a. a. O. Bd. I, S. 87, 88, Bd. II, S. 438.

das durch Salzsäure zerlegt wird. Die Hippursäure reinigt man durch Krystallisation (Liebig).

Daß der Harn neben Harnstoff und Harnsäure oder Pferdeharnsäure auch Kreatin und Kreatinin liefert, ist bereits im vorigen Kapitel (S. 466) angeführt worden. Nach Heintz soll der gesunde Harn nur Kreatinin enthalten, und aus dem Kreatinin soll erst das Kreatin hervorgehen [1]). Bei dieser Umsetzung braucht das Kreatinin nur 2 Aeq. Wasser aufzunehmen:

Kreatinin Kreatin.

$$N^3\ C^8\ H^7\ O^2 + 2HO = N^3\ C^8\ H^9\ O^4.$$

Sehr unvollkommen kennt man bisher den Farbstoff des Harns. Nach Scherer ist derselbe in fortwährender Umwandlung begriffen. Durch neutrales und durch basisch essigsaures Bleioxyd entstehen aus den Lösungen des Harnfarbstoffs zwei verschiedene Niederschläge, die nach Scherer's Analyse beide stickstoffhaltig sind. Der Theil, der durch das basisch essigsaure Blei gefällt wurde, enthält weniger Kohlenstoff und Wasserstoff, dagegen viel mehr Sauerstoff als der andere. Die Bleiniederschläge werden nach Scherer am besten zerlegt, wenn man sie mit salzsäurehaltigem Alkohol kocht. Dann bildet sich in Alkohol unlösliches Chlorblei, während der Farbstoff in Lösung bleibt. Die Farbe des Rückstands dieser alkoholischen Lösungen ist sehr verschieden; für den kohlenstoffreichsten Theil des Farbstoffs ist sie dunkelblau, in der alkoholischen Lösung purpurblau. In Wasser sind die Rückstände der alkoholischen Lösungen nur wenig löslich, leicht dagegen, wenn das Wasser ein freies oder kohlensaures Alkali enthält. Durch Säuren werden die Farbstoffe aus den alkalischen Lösungen dunkel gefällt (Scherer [2]).

Heller hat einen gelben, einen rothen und einen blauen Farbstoff durch die Namen Uroxanthin, Urrhodin, Uroglaucin unterschieden. Es ist jedoch das Verfahren Scherer's vorzuziehen, wenn er so wenig charakterisirte Stoffe noch nicht mit neuen Namen belegen mag.

So wenig man also bisher die Harnfarbstoffe kennt, so wichtig ist es, daß man mit Lehmann annehmen muß, der farbige Extrac-

1) Heintz in dem Journal von Erdmann und Marchand, Bd. XLVI, S. 382.

2) Vgl. Scherer in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LVII, S. 180.

tivſtoff des Harns bedinge den löslichen Zuſtand des harnſauren Natrons in dieſer Flüſſigkeit[1]). Der Farbſtoff ſoll nach Scherer unter dem Einfluß des Harnblaſenſchleims ſaure Gährung erleiden, und die gebildete Säure (Milchſäure nach Scherer, Eſſigſäure nach Liebig) würde dem neutralen harnſauren Natron 1 Aeq. Baſis entziehen und dadurch die Ausſcheidung des ſo viel ſchwerer löslichen harnſauren Natrons veranlaſſen.

Außer den aufgezählten ſtickſtoffhaltigen Beſtandtheilen, die von den Nieren abgeſondert werden, iſt dem Harn immer etwas Schleim von den Harnwegen beigemengt.

Nach einer früheren Angabe von Berzelius ſollten die Fettſäuren im Harn regelmäßig durch Butterſäure vertreten ſein. Lehmann meldet dagegen, daß ſich die Butterſäure zwar ſowohl im geſunden, wie im kranken Harn finden könne, daß ſie jedoch in Wirklichkeit ſelten vorkomme. Städeler hat in neueſter Zeit den Harn vergeblich auf Butterſäure geprüft[2]).

In Folge erneuter Unterſuchungen theilt Lehmann mit, daß die Milchſäure nicht zu den regelmäßigen Beſtandtheilen des Harns gehöre, daß ſie ſich aber in allen Fällen finde, in welchen die Zufuhr milchſaurer Salze zum Blut geſteigert iſt[3]).

Kleeſaurer Kalk findet ſich nach den Angaben von Höfle und Lehmann nicht ſelten in dem Harn geſunder Menſchen.

Die flüchtigen Säuren des Harns ſind in der allerneueſten Zeit von Städeler unterſucht worden[4]). Aus der Mutterlauge des Harns, aus welcher die Hippurſäure ausgeſchieden war, konnte Städeler durch Deſtillation eine ölförmige Flüſſigkeit gewinnen, die in dem übergegangenen Waſſer niederſank. Außer Chlor und Benzoëſäure, welche letztere durch Zerſetzung der Hippurſäure entſtanden war, enthielt jenes Oel mehre flüchtige Säuren. Ein Theil dieſer Säuren zerſetzte kohlenſaures Natron, der andere nicht. Die letztgenannten ließen ſich in Aether löſen, die Natronſalze nicht.

---

1) Lehmann, a. a. O. Bd. II, S. 401, 402.

2) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LXXVII, S. 17, 18.

3) Lehmann, a. a. O. Bd. I, S. 104.

4) Vgl. Städeler in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXXVII, S. 18 u. folg.

Unter den freien Säuren, die sich in Aether lösen, war nach Städeler das Phenylorydhydrat, die sogenannte Phenylsäure, die von Runge zuerst im Steinkohlentheer gefunden ward. Die Anwesenheit dieses Körpers, der durch die Formel $C^{14}\ H^{5}\ O + HO$ bezeichnet wird, wurde daran erkannt, daß ein mit der Lösung getränkter Fichtenspahn nach dem Eintauchen in verdünnte Salzsäure sich bläute. Die Analyse der möglichst gereinigten flüchtigen Materie bewies, daß sie nicht ausschließlich aus Phenylorydhydrat bestehen konnte. Städeler nimmt daher an, daß letzteres mit einer anderen flüchtigen Säure vermischt war, für welche er den Namen Taurylsäure vorschlägt. Diese Taurylsäure soll sich von Phenylorydhydrat dadurch unterscheiden, daß sie einen höheren Siedepunkt besitzt und, mit Schwefelsäure versetzt, zarte weiße Dendriten bildet, während das Phenylorydhydrat, auf gleiche Weise behandelt, Monate lang flüssig bleibt.

Von den an Natron gebundenen Säuren, welche der Aether zurückließ, hat Städeler mehre Barytsalze analysirt, deren Barytbestimmungen auf vier verschiedene Säuren schließen lassen. Eine dieser Säuren, von welcher auch ein Silbersalz untersucht wurde, führte bei der Analyse zur Formel $C^{14}\ H^{11}\ O^{3} + HO$. Städeler nennt diese Säure Damalursäure von δάμαλις, Kalb. Eine zweite Säure für welche Städeler den Namen Damolsäure vorschlägt, und ein den flüchtigen Säuren hartnäckig anhängendes stickstoffhaltiges Oel, das durch Schwefelsäure erst weinroth, dann farblos wird, erklärt der genannte Forscher selbst für Zersetzungsprodukte eines im Kuhharn vorkommenden übelriechenden Körpers.

Die berührten flüchtigen Stoffe sind nach Städeler am reichlichsten im Kuhharn enthalten. Es soll jedoch gelingen, sie auch im Pferdeharn und im Menschenharn nachzuweisen. Drei Pfund Menschenharn reichten eben aus, um die Anwesenheit der beiden Gruppen von Säuren zu erkennen, von denen die einen kohlensaures Natron zersetzen, die anderen nicht.

Phenylorydhydrat ist nach Wöhler[1]) auch im Bibergeil vorhanden. Da nun Scharling aus einem durch Frost verdichteten Harn durch Aether einen Körper ausziehen konnte, der nach Bibergeil roch, so glaubt Städeler, auch hier werde Phenylorydhydrat, wie

1) Wöhler in seinen Annalen, Bd. LXVII, S. 360.

im Bibergeil und Kreoſot, die Urſache des Geruches ſein. Scharling nannte ſeinen Körper, der wahrſcheinlich ein Gemenge bildet, Omichmyloxyd.

Nach dem Genuß von Salicin hat Lehmann aus dem Harn durch Aether einen Körper ausgezogen, der ſich, ebenſo wie das Phenyloxydhydrat, durch Eiſenoxydſalze bläut. Da nun die Biber mit den Weiden- und Pappelrinden, die ſie als Hauptnahrung freſſen, eine reichliche Menge Salicin aufnehmen, ſo hegt Städeler die nicht unwahrſcheinliche Vermuthung, daß die ſogenannte Phenylſäure des Harns aus einem Körper der Salicylreihe hervorgehe. Andererſeits erinnert Städeler daran, daß Schlieper das Phenyloxydhydrat ſpurweiſe auch unter den Oxydationsprodukten des Leims auftreten ſah. Demnach könnte jener flüchtige Körper der Rückbildung leimgebender Gewebe ſeinen Urſprung verdanken[1]).

Trotz der Gegenwart ſo vieler organiſcher Säuren iſt die ſaure Reaction des Harns des Menſchen und der Fleiſchfreſſer nicht durch eine freie organiſche Säure bedingt, ſondern, wie Liebig in einer ſeiner ſchönſten Arbeiten nachgewieſen hat, durch ſaures phosphorſaures Natron[2]). Liebig hat namentlich hervorgehoben, wie ſchnell der Harn durch Zerſetzung einen Gehalt an freier organiſcher Säure zeigt, eine Thatſache, welche Scherer bei der von ihm genau erforſchten ſauren Harngährung ebenfalls beobachtete. Liebig hat jedoch in zerſetztem Harn nur Eſſigſäure und Benzoëſäure[3]), Scherer Milchſäure gefunden.

Die Niederſchläge von Harnſäure oder ſaurem harnſaurem Natron entſtehen im Harn nach Liebig häufig dadurch, daß bei niederen Wärmegraden ſaures phosphorſaures Natron das neutrale harnſaure Natron zerſetzt, während in höherer Wärme umgekehrt Harnſäure baſiſch phosphorſaures Natron in ein ſaures Salz verwandeln kann, indem ſie ſich ſelbſt mit Natron verbindet.

Unter den anorganiſchen Beſtandtheilen des Harns herrſcht das Kochſalz bedeutend vor. Nächſt dem Kochſalz ſind die phosphorſauren Alkalien und Erden, ſodann die ſchwefelſauren Alkaliſalze beſonders

1) Städeler, a. a. O. S. 36, 37.

2) Liebig in ſeinen Annalen, Bd. I, S. 173—184.

3) Liebig, a. a. O. S. 166—169.

reichlich vertreten. Auch Chlorkalium fehlt dem Harne nicht. Eiſen (nebſt Manganoxydul), Kieſelerde, Fluorcalcium ſind nur in ſehr geringer Menge im Harn vorhanden. Das Eiſen kann bei geſunden Menſchen ſogar ganz fehlen.

Von mehren Seiten ſind den Beſtandtheilen des friſchen Harns auch Ammoniakſalze oder Chlorammonium zugezählt worden. Ja Bouſſingault hat vor ganz Kurzem eine lange Reihe von Zahlen mitgetheilt, welche die Menge des Ammoniaks im Harn bei Menſchen von verſchiedenem Lebensalter und bei verſchiedenen Thieren ausdrücken ſollen [1]). Lehmann behauptet jedoch nach eigenen Verſuchen, gegen deren Beweiskraft nichts einzuwenden iſt, daß friſcher Harn durchaus keine Ammoniakverbindungen enthält. Wenn man Harnſtoff mit ſaurem phosphorſaurem Natron kocht, dann erleidet jener ſchon eine Zerſetzung; es bildet ſich phosphorſaures Natron-Ammoniak, das bei 100°C ſein Ammoniak verliert und ſich wieder in ſaures phosphorſaures Natron verwandelt. Daher erklärt es ſich nach Lehmann, daß der Harn beim bloßen Abdampfen Ammoniak entwickeln kann [2]).

Endlich ſind in dem Harn regelmäßig freie Gaſe aufgelöſt, und zwar Kohlenſäure nach von Erlach, van den Broek und Marchand, und etwas Stickſtoff nach Lehmann.

§. 4.

Obgleich die quantitativen Analyſen des Harns wegen der außerordentlichen Schwankungen, welche die einzelnen Beſtandtheile dieſer Ausſcheidung erleiden, nur wenig Werth haben, ſo ſollen doch einige Beiſpiele hier annähernd ein Bild von den Mengenverhältniſſen der verſchiedenen Stoffe geben:

---

1) Journal de pharm. et de chim. 3e sér. T. XVIII, p. 266.

2) Lehmann, a. a. O. Bd. II, S. 424, 425.

In 1000 Theilen.	Harn des Menschen. Berzelius 1809.	Harn eines 33jährigen Mannes. Simon.	Harn desselben Mannes. Simon.	Harn eines jungen Mannes. Lehmann.	Harn eines 22jährigen Mannes. Lecanu.	Harn einer 28jährigen Frau. Lecanu.	Harn eines 19jährigen Mädchens. Lecanu.	Harn eines 8jährigen Knaben. Lecanu.
Harnstoff . .	30,00	12,46	14,58	31,45	21,88	13,10	24,59	19,20
Harnsäure . .	1,00	0,52	0,71	1,02	0,97	0,63	0,24	0,23
„Milchsaures Ammoniak“ . .		1,03	—	1,89	—	—	—	—
Freie Milchsäure	17,14	7,70	10,39	1,49	—	—	—	—
Alkoholextract .				10,06	—	—	—	—
Wasserextract .		1,00	2,55	0,62	—	—	—	—
Blasenschleim .	0,32			0,11	—	—	—	—
Chlornatrium .	4,45	5,20	7,28	3,64	2,40	0,17	0,80	3,80
„Chlorammon.“	1,50	0,41	—		—	—	—	—
Schwefelsaures Kali . . .	3,71	3,00	3,51	7,31	5,45	2,25	7,85	3,21
Schwefelsaures Natron . .	3,16	—	—					
Phosphorsaures Natron . .	2,94	2,41	2,33	3,76	0,24	1,15	2,43	0,52
„Phosphorsaures Ammoniak“ .	1,65	—	—	—				
Phosphorsaure Erden . .	1,00	0,58	0,65	1,13	1,64	0,46	0,62	0,85
Kieselerde . .	0,03	Spuren	Spuren	—	—	—	—	—
Wasser . . .	933,00	963,20	956,00	936,76	928,80	953,00	941,00	948,00

Aus den mit Anführungszeichen aufgezählten Stoffen ergiebt sich nach der im vorigen Paragraphen gegebenen Beschreibung des Harns, daß sich die Flüssigkeit unter den Händen der Forscher öfters schon zersetzt hatte.

Nach Lehmann schwankt die Menge des Harnstoffs im Harn gesunder Menschen zwischen 25 und 32 in 1000 Theilen, die der Harnsäure beträgt im Mittel verschiedener Untersuchungen 1 in 1000 Theilen.

In dem Morgenharn von Kühen, welche den Tag über auf die Weide gingen und Abends mit Heu, Stroh und Kleie gefüttert wurden, fand Städeler kürzlich bei zwei Bestimmungen 15 Hippursäure in 1000 Theilen [1]).

Wägende Versuche, um die Mengen der flüchtigen Säuren des Harns genauer anzugeben, waren bisher nicht möglich. Städeler berichtet aber, daß die Taurylsäure vorherrscht; ihr folgen das Phenyloxydhydrat und die Damalursäure, von welcher letzteren die Damolsäure kaum ein Viertel beträgt [2]).

Eine Analyse der Asche des Harns ist vor nicht langer Zeit von Porter mitgetheilt worden [3]):

100 Theile der Asche enthielten

Chlornatrium	67,26
Natron	1,33
Kali	13,64
Kalk	1,15
Bittererde	1,34
Eisenoxyd	Spuren
Phosphorsäure	11,21
Schwefelsäure	4,06.

Beinahe zur selben Zeit hat Rose eine Analyse der Asche veröffentlicht, in welcher die einzelnen Bestandtheile als Salze berechnet sind [4]):

---

1) Städeler in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXXVII, S. 19.

2) Städeler, a. a. O. S. 33.

3) Porter in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXXI, S. 110.

4) Erdmann und Marchand, Journal, Bd. XLVIII, S. 56.

In 100 Theilen

Chlornatrium	57,03
Chlorkalium	8,99
Basisch phosphorsaures Natron	2,90
Basisch phosphorsaures Kali	4,53
Pyrophosphorsaures Kali	4,65
Schwefelsaures Kali	5,33
Basisch phosphorsaure Bittererde	2,57
Basisch phosphorsaurer Kalk	2,57
Pyrophosphorsaure Bittererde	0,37
Schwefelsaurer Kalk	0,27
Mangan, Eisenoxyd und Kieselerde	0,79.

Weit wichtiger als jene auf 1000 Theile Harn berechnete Zusammensetzung ist die Kenntniß der Mengen, welche in 24 Stunden mit dem Harn ausgeschieden werden. Nach Lehmann scheidet ein gesunder Mann in 24 Stunden 22—36 Gramm Harnstoff aus. Lehmann selbst entleerte in 24 Stunden bei gemischter Kost, freilich zu einer Zeit, in welcher er seine linke Lunge nicht für kräftig hielt, 1,18 Gramm Harnsäure. Becquerel fand jedoch bei seinen an acht verschiedenen Personen vorgenommenen Untersuchungen die Menge der Harnsäure, die ein gesunder Mensch in 24 Stunden entleert, nur gleich 0,497—0,557 Gramm.

Die Menge der feuerfesten Bestandtheile, die dem Körper mit dem Harn in 24 Stunden entzogen werden, beträgt nach einer Angabe von Porter, dessen Untersuchung sich über vier Tage erstreckte, durchschnittlich 14,39, nach einer Bestimmung von Rose 14,84 Gramm.

Rose fand diese 14,84 Gramm in folgender Weise zusammengesetzt:

Chlornatrium	8,92
Chlorkalium	0,75
Kali	2,48
Kalk	0,22
Bittererde	0,24
Eisenoxyd	0,01
Phosphorsäure	1,76
Schwefelsäure	0,39
Kieselsäure	0,07
	14,84.

§. 5.

Die obige Beſchreibung hat ſich vorzugsweiſe an den Harn des Menſchen und der Fleiſchfreſſer angeſchloſſen. Zu dieſem Harn ſteht der der Pflanzenfreſſer in geradem Gegenſatz. Und zwar zunächſt durch die alkaliſche Reaction. Zweitens dadurch daß er gar keine Harnſäure, ſtatt dieſer aber regelmäßig Hippurſäure enthält. Nach Bouſſingault ſollen milchſaure Salze im Harn der Pflanzenfreſſer nie fehlen. Es läßt ſich indeß die Gültigkeit dieſer Angabe deshalb bezweifeln, weil ſie von Bouſſingault auf die Reaction von Pelouze geſtützt ward, nach welcher durch Milchſäure die vollſtändige Fällung von Kupferoxyd durch Kalkmilch verhindert werden ſoll. Strecker hat jedoch gezeigt, daß die Milchſäure, ebenſo wie viele andere organiſche Körper auch, jene Fällung zwar erſchwert, allein ohne ſie zu hindern [1]). Dagegen iſt kleeſaurer Kalk beſtändig im Harn der Pflanzenfreſſer vorhanden.

Saure kohlenſaure Alkalien ſind ein ferneres weſentliches Merkmal für den Harn der Pflanzenfreſſer. Ihnen verdankt der Harn von Rindern und Pferden ſeine alkaliſche Reaction. Die doppelt kohlenſauren Alkalien ſind von ſauren kohlenſauren Erden begleitet, unter welchen im Rindsharn die Bittererde weit über den Kalk vorherrſcht. Ebenſo überwiegt das Kali das Natron. Auch ſchwefelſaure Salze ſind im Harn der Pflanzenfreſſer reichlich vertreten. Phosphorſaure Salze aber und Kochſalz ſind in geringer Menge vorhanden. Bouſſingault.

Allen aufgezählten Eigenthümlichkeiten gegenüber ſind die ſaure Reaction und der beſondere Reichthum an Harnſtoff die hervorſtechendſten Merkmale des Harns der Fleiſchfreſſer. Neben dem Harnſtoff kann aber die Harnſäure ſpärlich vertreten ſein. So fand Hieronymi im Harn des Löwen ſehr wenig und Vauquelin ſogar keine Harnſäure.

Während man von dem Schwein als einem Thier, das gemiſchte Nahrung zu ſich nehmen kann, erwarten ſollte, daß ſich ſein Harn

1) Vgl. Strecker in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXI, S. 216—219.

zunächſt an den menſchlichen anreihen oder zwiſchen dem Harn von Pflanzenfreſſern und Fleiſchfreſſern die Mitte halten würde, behauptet derſelbe eine ſehr merkwürdige Selbſtändigkeit, indem er weder Hippurſäure, noch Harnſäure enthält. Dem Harn der Pflanzenfreſſer ähnelt der Schweinsharn durch ſeine Armuth an phosphorſauren Salzen.

Der Harn der Vögel enthält zwar nach Coindet auch Harnſtoff, beſteht aber ſonſt im Weſentlichen aus ſaurem harnſaurem Ammoniak und doppelt harnſaurem Kalk. Aus den Excrementen der Strandvögel geht der Guano hervor. Da nun in der Cloake der Vögel bekanntlich Harn und Koth zuſammenkommen, ſo hat man es im Guano hauptſächlich mit einem Gemenge harnſaurer Salze zu thun.

In dieſem Gemenge iſt aber ein beſonderer Stoff vorhanden, der von Bodo Unger zuerſt beſchrieben und Guanin genannt wurde. Unger ertheilte dem Guanin die Formel $N^5 C^{10} H^5 O^2$.

Reines Guanin bildet ein gelblichweißes, kryſtalliniſches Pulver, das ſich nicht löſt in Waſſer, Alkohol und Aether, leicht aber in Salzſäure oder in Natron. Obgleich es rothes Lackmus nicht bläut, muß es wegen der Verbindungen, die es mit Säuren eingeht, als eine ſchwache Baſis betrachtet werden.

Um das Guanin aus dem Guano zu bereiten, wird dieſer mit Kalkmilch erwärmt. Wenn die Flüſſigkeit beim Kochen nicht mehr braun, ſondern ſchwach grünlich gelb gefärbt iſt, wird ſie filtrirt und mit Salzſäure verſetzt. Dann werden nach einigen Stunden Guanin und Harnſäure ausgeſchieden. Der Niederſchlag wird mit Salzſäure gekocht, welche die Harnſäure ungelöſt zurückläßt, das ſalzſaure Guanin durch Ammoniak zerlegt.

Nach Lehmann ſcheinen Strahl und Lieberkühn das Guanin auch im menſchlichen Harn gefunden zu haben [1]).

Der Harn der Schildkröte iſt nach Lehmann neutral oder ſchwach alkaliſch. Er enthält Harnſtoff, ſaure harnſaure Salze von Ammoniumoxyd, Kalk und Natron, Hippurſäure, Fett, phosphorſaure, ſchwefelſaure Salze und Chlormetalle. Von den Alkalien iſt das Kali reichlicher als Natron vertreten.

---

1) Lehmann, a. a. O. Bd. I, S. 176, 179.

2) A. a. O. Bd. II, S. 455.

Im Harn des zu den Schuppenechſen gehörigen Leguans hat Taylor Harnſäure nachgewieſen.

Saure harnſaure Alkalien bilden beinahe ausſchließlich den Harn der Schlangen, deren Excremente aus dieſem Grunde ſo allgemein zur Darſtellung der Harnſäure benützt werden. Den harnſauren Salzen iſt nur etwas Harnſtoff nebſt phosphorſauren Erden beigemengt.

Der flüſſige Froſchharn beſteht aus einer Löſung von Harnſtoff, Kochſalz und etwas phosphorſaurem Kalk.

Viele Käfer, Schmetterlinge und Raupen liefern harnſaure Salze in ihren Excrementen. Das Vorkommen der Harnſäure in den Malpighiſchen Gefäßen hat dieſe ſo oft als Gallengefäße gedeutete Theile mit Beſtimmtheit den Nieren angereiht. In den Malpighiſchen Gefäßen der Raupe von Sphinx Convolvuli fand H. Meckel außer harnſauren Salzen auch Kryſtalle von kleeſaurem Kalk.

In den Excrementen der Spinnen haben von Gorup-Beſanez und Will Guanin gefunden. Dieſe Forſcher glauben es zu großer Wahrſcheinlichkeit erhoben zu haben, daß auch in dem grünen Organ des Flußkrebſes und in den Nieren der Teichmuſchel Guanin vorkommt [1]).

Als Niere darf nämlich die Bojanusſche Drüſe der Acephalen ohne Weiteres bezeichnet werden, da von Babo in Freiburg in den runden, ſchwarzblauen Kernen ihrer blaſigen Körper Harnſäure nachgewieſen hat [2]). In derſelben Weiſe wie von Babo für die Teichmuſchel hatte Jacobſon ſchon im Jahre 1820 die Deutung der Nieren für Helix, Limax, Lymnaeus und Planorbis geſichert [3]), und Harleß hat ein Gleiches für die ſchwammigen Körper der Cephalopoden geleiſtet [4]). Demnach wäre eine Ausſcheidung von Harnſäure auch durch die große Gruppe der Weichthiere verbreitet, und es ſteht zu erwarten, daß man bei der Leichtigkeit, mit der ſich die

1) Vgl. von Gorup-Beſanez und Will in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXIX, S. 117 — 120.

2) Vgl. C. Th. von Siebold, Lehrbuch der vergleichenden Anatomie, S. 282, 283.

3) Von Siebold, a. a. O. S. 339.

4) Von Siebold, a. a. O. S. 400.

Anweſenheit von Harnſäure ermitteln läßt, die Niere bald auch bei den Mollusken auffinden wird, in welchen dieſes Ausſcheidungsorgan bisher nicht mit Sicherheit erkannt werden konnte.

§. 6.

Kinder entleeren nach Lecanu mit dem Harn weniger organiſche und feuerfeſte Beſtandtheile als Erwachſene, Greiſe weniger als achtjährige Kinder. Dagegen ſollen vierjährige Kinder weniger organiſche Stoffe ausſcheiden als alte Leute.

Hinſichtlich der einzelnen Beſtandtheile wird hervorgehoben, daß der Harn kleiner Kinder verhältnißmäßig reich iſt an Hippurſäure und an ſchwefelſauren Salzen, arm dagegen an phosphorſauren Salzen und namentlich an phosphorſaurem Kalk.

Der Harn des Kalbsfötus und des jungen Kalbes, ſo lange es mit Milch gefüttert wird, zeichnet ſich aus durch ſaure Reaction und durch einen eigenthümlichen Körper, der wegen ſeines Auftretens in der Allantoisflüſſigkeit, in welcher er zuerſt gefunden wurde, mit dem Namen Allantoin belegt worden iſt. Die Allantoisblaſe, die in einer früheren Entwicklungszeit mit den Ausführungsgängen der Wolffſchen Körper, ſpäter durch den Urachus mit der Harnblaſe zuſammenhängt, enthält außer der Flüſſigkeit, die von ihren eigenen Gefäßen abgeſondert wird, immer auch Beſtandtheile des Harns. Jacobſon fand bei Vogelembryonen ſchon in den erſten Tagen der Bebrütung in der Allantoisflüſſigkeit Harnſäure, Prévoſt und Le Royer außer Harnſäure auch Harnſtoff [1]). In der Allantoisflüſſigkeit der menſchlichen Frucht hat Stas Harnſtoff beobachtet, während dieſer Forſcher ſonſt weder Harnſtoff, noch Harnſäure, noch Hippurſäure, wohl aber eiweißartige Körper und, wie ſchon früher Bernard, Traubenzucker nachweiſen konnte [2]).

Nach der Analyſe von Liebig und Wöhler wird das Allantoin ausgedrückt durch die Formel $N^4 C^8 H^6 O^6 + HO$. Kryſtalliſirt

1) Vgl. Biſchoff, Entwicklungsgeſchichte der Säugethiere und des Menſchen, Leipzig 1842, S. 348, 518.

2) Comptes rendus, T. XXXI, p. 629, 630, 659.

ſtellt es farbloſe harte Prismen dar, die ſich in kaltem Waſſer ziemlich ſchwer, in heißem leichter, ſodann auch in heißem Alkohol, nicht aber in Aether löſen. Warme Löſungen von freien oder kohlenſauren Alkalien löſen das Allantoin auf.

Mit Säuren läßt ſich das Allantoin nicht verbinden, wohl aber mit Bleioxyd und mit Silberoxyd.

Salpeterſäure ſpaltet das Allantoin beim Erwärmen in Harnſtoff und in eine Säure, $N^4 C^{10} H^7 O^9$, die Allantoisſäure genannt wird:

Allantoin Harnſtoff Allantoisſäure

$$3\,(N^4C^8H^5O^5 + HO) + 4\,HO = 2\,N^2C^2H^4O^1 + 2\,N^4C^{10}H^7O^9.$$

Wöhler, der zuerſt das Allantoin aus dem Harne junger Kälber darſtellte, verfuhr hierbei auf folgende Weiſe [1]). Der Kälberharn wurde unter der Siedhitze verdunſtet, bis er an Dichtigkeit einem dünnen Syrup gleich kam. In einigen Tagen kryſtalliſirte Allantoin aus der Flüſſigkeit, gemengt mit ammoniakfreier phosphorſaurer und gallertiger harnſaurer Bittererde. Dieſe Maſſe wurde mit kaltem Waſſer angerührt, wobei die Allantoinkryſtalle zu Boden ſanken; die gallertige harnſaure Bittererde konnte mit dem Waſſer abgegoſſen werden. Die zurückgebliebenen Kryſtalle wurden darauf mit kaltem Waſſer gewaſchen und dann mit wenigem Waſſer zum Sieden erhitzt; dabei verlieren die Kryſtalle der phosphorſauren Bittererde Waſſer, bleiben ungelöſt und nur das Allantoin wird aufgenommen. Die durch Blutkohle entfärbte Löſung verſetzte Wöhler mit einigen Tropfen Salzſäure, um beigemengte phosphorſaure Bittererde in Löſung zu erhalten. Schließlich wird das Allantoin aus dieſer Flüſſigkeit kryſtalliſirt.

Für die Entwicklungsgeſchichte des Allantoins iſt es von Wichtigkeit, daß die Harnſäure, wenn ſie mit Bleihyperoxyd gekocht wird, in Allantoin, Harnſtoff und kleeſaures Bleioxyd zerfällt:

Harnſäure

$$4\,(N^2C^5HO^2 + HO) + 6\,HO + 4\,PbO^2$$

Allantoin Harnſtoff Kleeſaures Bleioxyd

$$= N^4C^8H^5O^5 + HO + 2\,N^2C^2H^4O^2 + 4\,(PbO + C^2O^3).$$

---

1) Wöhler in ſeinen Annalen, Bd. LXX, S. 229.

Neben dem Allantoin enthält der Harn von Kälbern, die drei bis vier Wochen alt ſind, Harnſtoff und Harnſäure in ähnlicher Menge, wie geſunder Menſchenharn, dagegen keine Hippurſäure. Die anorganiſchen Beſtandtheile ſind ausgezeichnet durch Reichthum an phosphorſaurer Bittererde, Chlorkalium und Kaliſalzen überhaupt. Natronſalze ſind in geringer Menge oder gar nicht vorhanden. Wöhler.

Frauen entleeren nach Becquerel in ihrem Harn weniger Harnſtoff und weniger Salze, aber mehr Waſſer als Männer. Die Menge der Harnſäure iſt für beide Geſchlechter nicht weſentlich verſchieden.

Hinſichtlich der organiſchen Beſtandtheile des Harns von Schwangeren iſt zu bemerken, daß Lehmann unter denſelben beſtändig ein weiches, butterähnliches Fett und Höfle häufig eine Zunahme des kleeſauren Kalks beobachtet hat. Le Rayer und Becquerel haben im Harn der Schwangeren bisweilen Eiweiß gefunden; ob dies jedoch als Eigenthümlichkeit der Schwangeren betrachtet werden darf, iſt zweifelhaft, weil auch ſonſt geſunde Leute mitunter Eiweiß durch den Harn entleeren.

Nach Donné iſt der phosphorſaure Kalk im Harn der Schwangeren erheblich vermindert, zumal im ſechſten bis achten Monat der Schwangerſchaft. Die phosphorſaure Bittererde fand Lehmann, der jene Angabe Donné's beſtätigte, in den letzten Monaten der Schwangerſchaft umgekehrt bedeutend vermehrt [1]).

Eine beſondere Eigenthümlichkeit des Harns der Schwangeren beſteht darin, daß derſelbe leicht alkaliſch wird. In Folge deſſen bildet ſich an ſeiner Oberfläche nicht ſelten ein ſchillerndes Häutchen, aus phosphorſauren Erden beſtehend, das Rauche mit Unrecht für einen beſonderen organiſchen Stoff, für ſogenanntes Kyeſtein hielt.

Während des Wochenbetts zeigt der Harn keine Abweichung von dem gewöhnlichen Zuſtande. Aus dem Harn einer nicht ſtillenden Wöchnerin erhielt Lehmann jedoch in den erſten Tagen nach der Niederkunft ſo viel Butterſäure, daß dieſe nicht wohl bloß beigemengtem Schweiße zugeſchrieben werden konnte.

---

1) Lehmann, Art. Harn in R. Wagner's Handwörterbuch, S. 24.

§. 7.

Kurz nach einer Mahlzeit wird sowohl im Ganzen, wie im Verhältniß zu den festen Bestandtheilen weniger Wasser mit dem Harn entleert. Chambert.

Durch reichliches Wassertrinken wird nicht nur die mit dem Harn ausgeschiedene Wassermenge, sondern nach Chossat, Becquerel und Lehmann auch die Menge der festen Bestandtheile vermehrt. Nach Lecanu sollten jedoch die festen Bestandtheile nicht gleichzeitig zunehmen. Den Einfluß reichlicher Wasseraufnahme auf die Salze des Harns hat Liebig in klassischer Weise erörtert [1]). Wenn das reichlich getrunkene Wasser weniger Salze enthält als das Blut, dann wird viel mehr Wasser mit dem Harn ausgeschieden, die Menge der Salze nimmt im Verhältniß zum Wasser ab. Ja die phosphorsauren Salze des Harns verschwinden zuletzt bis auf kaum wahrnehmbare Spuren.

Um den Einfluß der Nahrung auf den Harn zu beurtheilen, sind offenbar die Versuche von Lehmann mit stickstoffreicher, gemischter, stickstoffarmer und stickstofffreier Kost bei Weitem die wichtigsten. Bei eiweißreicher Nahrung nimmt die Menge des in 24 Stunden ausgeleerten Harnstoffs bedeutend zu, während sie, zugleich mit der Menge der genossenen Eiweißstoffe abnehmend, bei stickstofffreier Kost am tiefsten sinkt. Lehmann hat seine verdienstlichen Beobachtungen an sich selbst angestellt. Frerichs erlangte bei Hunden dieselben Ergebnisse, während er selbst bei stickstofffreier Nahrung in 24 Stunden nahezu ebensoviel (16,10 Gramm) Harnstoff wie Lehmann (15 Gramm) entleerte [2]). Thierische Nahrung vermehrt nach Lehmann außer dem Harnstoff auch die schwefelsauren Salze und die phosphorsauren Erden.

Die Menge der Harnsäure, die dem Körper in 24 Stunden entzogen wird, hängt nach Lehmann weit weniger als der Harnstoff von der Nahrung ab. Trotzdem ergiebt sich aus Lehmann's Zah-

1) Liebig, über die Constitution des Harns der Menschen und der fleischfressenden Thiere, in seinen Annalen, Bd. L, S. 179, 180.

2) Frerichs Art. Verdauung in R. Wagner's Handwörterbuch, S. 663, 664.

len, daß einer Abnahme oder Zunahme des Harnstoffs auch eine geringe Verminderung oder Vermehrung der Harnsäure entspricht.

Pflanzenkost vermehrt die Menge der Hippursäure, die nach reiner Fleischkost beim Menschen ganz fehlt (Liebig).

Außer der Hippursäure werden namentlich die Extractivstoffe durch pflanzliche Nahrungsmittel vermehrt (Lehmann).

Milchsäure wird dem Harn gleichfalls hauptsächlich durch die Fettbildner des Pflanzenreichs zugeführt (Lehmann), kleesaurer Kalk durch Pflanzenkost vermehrt.

Nach allen diesen Angaben ergiebt sich von selbst, daß die Unterschiede, welche oben für den Harn von Pflanzenfressern und Fleischfressern namhaft gemacht wurden, sich auf die Nahrung zurückführen lassen.

Die wichtigste Veränderung, welche Pflanzenkost im Harn des Menschen und der Fleischfresser hervorbringt, ist die, daß er alkalisch wird. Zum Theil wird dies durch die organischsauren Salze der pflanzlichen Nahrungsmittel bewirkt, die sich im Harn als kohlensaure Salze wiederfinden, zum Theil durch die Fettbildner. Lehmann sah seinen eigenen gewöhnlich stark sauren Harn nach 18 Stunden alkalisch werden, als er nichts als Milchzucker, Stärkmehl und Fett genossen hatte. Magendie beobachtete das Gleiche, als er Kaninchen eine Kleisterlösung, Bernard als er Hunden oder Kaninchen eine Lösung von Traubenzucker in die Venen spritzte [1]).

Kochsalz, das der Nahrung zugefügt wird, vermehrt nach Bousfingault den Harnstoff im Harn. Vierordt und Wellzien fanden, daß Kochsalz in die Drosselader eines Pferdes eingespritzt, die Ausscheidung von Kochsalz durch die Nieren steigert [2]). Hält man diese Beobachtungen zusammen mit den Angaben von Chossat, Becquerel und Lehmann, daß sich bei reichlichem Wassertrinken nicht nur das Wasser vermehrt, sondern auch die festen Bestandtheile, die mit dem Harn ausgeschieden werden, so scheint sich die Folgerung zu ergeben, daß alle Stoffe, welche reichlich von den Nieren abgesondert

1) Vgl. Lehmann, a. a. O. Bd. II, S. 413.

2) Vierordt in seinem hübschen Artikel: Transsudation und Endosmose in R. Wagner's Handwörterbuch, S. 652.

werden, das Blut nur in Geſellſchaft der anderen weſentlichen Beſtandtheile des Harns verlaſſen.

Es iſt oben bereits erwähnt, daß nach den ſchönen Unterſuchungen von Regnault und Reiſet die Athmung faſtender Thiere am meiſten Aehnlichkeit hat mit der der Fleiſchfreſſer [1]). Ebenſo wird nach Bernard der Harn von Pflanzenfreſſern durch Entziehung aller Nahrung ſauer wie beim Genuß von Fleiſchkoſt. Die Menge des Harnſtoffs, die in einer gegebenen Zeit verloren geht, erleidet jedoch eine Abnahme. Sie iſt nach Frerichs [2]) bei Hunden völlig gleich der Menge, die bei ſtickſtofffreier Koſt dem Körper entzogen wird.

Körperliche Anſtrengungen vermehren nach Simon und Lehmann die Ausſcheidung von Harnſtoff und Milchſäure, von ſchwefelſauren und phosphorſauren Salzen. Dagegen vermindern ſie die Entleerung von Harnſäure und Extractivſtoffen. Mangel an gehöriger Bewegung bedingt umgekehrt eine vermehrte Abſonderung von harnſaurem Natron; bei wilden Thieren, die ſonſt wenig Harnſäure entleeren, entſteht in der Gefangenſchaft im Harn ein Bodenſatz von harnſaurem Natron [3]). Die Sache wird einfach erklärt, wenn man mit Liebig den Harnſtoff als ein Oxydationsprodukt der Harnſäure betrachtet. In der Ruhe wird beim Athmen weniger Sauerſtoff verbraucht [4]), alſo weniger Harnſäure bis zu Harnſtoff oxydirt.

Der Morgenharn iſt dichter, dunkler und ſaurer als der ſonſt bei Tag gelaſſene, nach Lehmann ſogar dunkler und dichter als der Verdauungsharn, während Chambert umgekehrt den letzteren an feſten Beſtandtheilen und namentlich an Salzen reicher fand als den Morgenharn.

Im Winter iſt die Menge des Harns, die in 24 Stunden ausgeſchieden wird, weit größer. Da man nun weiß, daß die Nieren im geſunden Zuſtande mit einer größeren Waſſermenge auch im Ganzen mehr andere Harnbeſtandtheile aus dem Blut abzuſondern pflegen [5]), da ferner

---

1) Vgl. oben S. 489.

2) Frerichs, a. a. O. S. 663.

3) Lehmann, a. a. O. Bd. I, S. 221.

4) Vgl. S. 491.

5) Vgl. oben S. 510 und S. 511.

im Winter das Athmen lebendiger von Statten geht, insofern mehr Sauerstoff verbraucht wird, als im Sommer, so ist man gewiß berechtigt, anzunehmen, daß während des Winters dem Körper überhaupt mehr Ausscheidungsstoffe mit dem Harn entzogen werden.

Nach einem kalten Bade ist die Wassermenge, die mit dem Harn entleert wird, sehr gesteigert; es wird im Bade kein Wasser durch die Haut verdunstet, sondern im Gegentheil Wasser aufgenommen.

Der Schweiß.

§. 8.

Die Flüssigkeit, welche in tropfbar flüssiger Form von den Schweißdrüsen ausgeschieden wird, pflegt eine schwach saure Reaction zu besitzen, ist aber an einzelnen Stellen des Körpers nicht selten alkalisch.

Sehr häufig ist der Schweiß mit einer reichlichen Menge abgeschuppter Oberhautzellen vermischt. Allein außer diesen beigemengten Bestandtheilen scheint der Schweiß noch einen anderen schwefel- und stickstoffhaltigen Körper zu führen, da Lehmann an Schweiß, der in einem verschlossenen Gefäße angesammelt war, eine Entwicklung von Schwefelammonium beobachtete.

Fett ist auch dann im Schweiß enthalten, wenn dieser von Hautgegenden herrührt, denen Talgdrüsen fehlen. Krause erhielt Margarin und ein öliges Fett, wahrscheinlich Elain, aus dem Handteller, in welchem die Haut keine Talgdrüsen besitzt. Am leichtesten verrathen sich aber die flüchtigen Fettsäuren des Schweißes. Unter diesen ist die Anwesenheit von Buttersäure am sichersten ausgemacht (Simon, Lehmann). Nach dem Geruch nimmt Redtenbacher in dem Schweiß auch Caprylsäure, Lehmann Capronsäure und Metacetonsäure an; es ist jedoch nichts Zuverlässiges über die Natur dieser flüchtigen Fettsäuren bekannt. Von den genannten Säuren ist nur die Metacetonsäure bisher in diesem Werke nicht beschrieben worden. Die Metacetonsäure, der man auch die Namen Butteressigsäure und Propionsäure beigelegt hat, ist nach der Formel $C^6\ H^5\ O^3 + HO$ zusammengesetzt, also nur um — $C^2\ H^2$ von der Buttersäure verschieden. Sie ist farblos, ölig, riecht nach Sauerkraut, erfordert ziemlich viel Wasser, um sich zu lösen, dagegen ist sie leichter löslich in Alkohol und Aether.

Es ist Lehmann nicht gelungen, Metacetonsäure aus dem Schweiß darzustellen. In der Lehre vom Zerfallen der organischen Materie werden wir dieser Säure als einem Erzeugniß der Oxydation von Eiweißkörpern und Fetten begegnen.

Milchsäure sollte nach Berzelius sowohl frei, wie an Ammoniak gebunden, vorhanden sein. Bei der Unsicherheit, mit welcher diese Säure dort erkannt werden kann, wo sie sich nur in kleiner Menge findet, wäre eine sorgfältige Prüfung dieser Angabe zu wünschen. Ebenso verhält es sich mit der Essigsäure, die von Anselmino und Simon dem Schweiße zugeschrieben wird.

Flüchtige Stoffe, die von den ersten Wegen in das Blut gelangen, werden nicht selten mit dem Schweiß ausgedunstet. Daher entstehen flüchtige organische Beimengungen, die man am Geruch erkennt.

Unter den organischen Bestandtheilen des Schweißes herrscht Kochsalz vor. Die übrigen Mineralstoffe sind Chlorkalium, schwefelsaures und phosphorsaures Natron, phosphorsaurer und kohlensaurer Kalk nebst Spuren von Eisenoxyd (Anselmino).

Daß der Schweiß nach Berzelius auch Ammoniaksalze enthält, ist schon angedeutet worden.

Nach den annähernden Bestimmungen Anselmino's ist der Schweiß in 1000 Theilen folgendermaaßen zusammengesetzt:

	I.	II.
Oberhaut und Kalksalze . . .	0,10	0,25
Alkoholextract, essigsaure und milchsaure Salze, freie Essigsäure	1,45	3,62
Weingeistextract, Chlornatrium, Chlorkalium	2,40	6,00
Wasserextract und schwefelsaure Salze	1,05	2,62
Wasser	995,00	987,50.

Einer Berechnung Krause's zufolge soll ein Erwachsener in 24 Stunden mit dem Schweiß entleeren:

Wasser	791,50	Gramm,
Organische u. flüchtige Stoffe	7,98	„
Mineralstoffe	2,66	„ .

Wenn man nach dem Geruch urtheilen darf, dann ſcheiden Frauen, namentlich ältere und unverheirathete Frauenzimmer mit dem Schweiß mehr flüchtige Fettſäuren aus als Männer. Denkt man nun an Barruel's Angabe, daß das Blut der Männer auf Zuſatz von Schwefelſäure ſtärker nach flüchtigen Fettſäuren riecht als das der Frauen, ſo muß man annehmen, daß beim weiblichen Geſchlechte nicht die Bildung, ſondern nur die Ausſcheidung flüchtiger Fettſäuren vermehrt iſt.

Die Hautſchmiere.

§. 9.

Zahlreiche Namen unterſcheiden die Hautſchmiere, welche an verſchiedenen Körperſtellen von den Talgdrüſen der Haut geliefert wird. Denn zur Hautſchmiere gehört die Augenbutter der Meibomſchen Drüſen, das Ohrenſchmalz, (cerumen), die Vorhautſalbe (smegma praeputii), der Käſeſchleim der Neugeborenen (vernix caseosa).

Bei verſchiedenen Thieren zeigt die Hautſchmiere einzelner Drüſen beſondere Eigenthümlichkeiten. Das Bibergeil, Castoreum, welches die Vorhaut der Ruthe oder des Kitzlers von Castor Fiber aus den in ihren zahlloſen Falten gebetteten Talgdrüſen erhält, verdankt jene Eigenthümlichkeiten wahrſcheinlich beigemengten Harnbeſtandtheilen; es iſt nach den jetzt vorliegenden Unterſuchungen ein Gemenge von smegma praeputii und Harn. Aber auch Hauttalg ſcheint auch im Weſentlichen die Abſonderung des Moſchusbeutels von Moschus moschiferus, das Zibeth aus den Perinealdrüſen der aſiatiſchen und afrikaniſchen Zibethkatze, Viverra Zibetha und V. civetta, ja nach Frerichs[1]) auch die Ausſcheidung der Harderſchen Drüſe der Vögel und vieler, mit einer Nickhaut verſehener Säugethiere und Amphibien zu gehören. Die Drüſenzellen der Harderſchen Drüſe ſind nämlich denen der Meibomſchen Drüſen ganz ähnlich und mit Fetttröpfchen vollſtändig angefüllt.

Die ſtickſtoffhaltigen Beſtandtheile des Thierkörpers ſind in der Hautſchmiere allemal durch reichlich beigemengte Epithelialgebilde und

1) Vgl. Frerichs, Art. Thränenſecretion in R. Wagner's Handwörterbuch S. 620, 621.

nach Lehmann[1]) durch einen eiweißartigen Stoff vertreten, von dem nicht ausgemacht werden konnte, ob er dem Eiweiß oder dem Käsestoff näher steht.

Unter den Fetten der Hautschmiere finden sich Elain, Margarin, sodann ölsaure und margarinsaure Seifen. Die Basen dieser Seifen sind nicht nur Kali und Natron, sondern auch Ammoniak, welches letztere namentlich in der Vorhautsalbe vorkommt (Lehmann).

Cholesterin ist in der Vorhautsalbe und im Ohrenschmalz enthalten; dagegen fehlt es, wie Bueck zuerst nachgewiesen hat, in dem Käseschleim der Neugeborenen[2]). Andere nicht verseifbare, aber wenig untersuchte Fette sind das Castorin des Bibergeils und zwei Stoffe die Chevreul in dem fettigen Schweiß, welcher der rohen Wolle anhängt, gefunden hat, das Stearerin und das Elaerin.

Das Castorin krystallisirt in kleinen, vierseitigen Nadeln, schmilzt über 100° C und ist in Alkohol und Aether, zumal in der Wärme, löslich (Bizio, Brandes).

Stearerin und Elaerin enthalten weder Schwefel, noch Stickstoff; jenes schmilzt bei + 60°, dieses ist bei + 15° noch flüssig.

Ein gallenähnlicher Stoff, der nicht zu den Fetten gehört, in Wasser löslich ist und mit Schwefelsäure und Zucker die bekannte Pettenkofer'sche Reaction der Gallensäuren giebt, ist von Lehmann in der Vorhautsalbe des Menschen, des Pferds und des Bibers gefunden. In der Augenbutter, im Ohrenschmalz und im Käseschleim soll dieser Stoff nicht enthalten sein[3]). Dagegen fand Berzelius im Ohrenschmalz einen gelben, bitteren, in Alkohol löslichen Körper.

In dem Ohrenschmalz will Berzelius auch milchsaure Alkalien und milchsauren Kalk gefunden haben.

Krystalle von kleesaurem Kalk fand Lehmann in der Vorhautsalbe des Pferds.

Daß im Bibergeil der Hautschmiere auch Harnbestandtheile beigemengt sind, ergiebt sich aus dem Vorkommen der Harnsäure (Brandes), der Hippursäure (Lehmann, Benzoësäure nach Sau-

1) Lehmann, a. a. O. Bd. II, S. 373.

2) Vgl. G. Bueck, de vernice caseosa, Halis, 1844 p. 24.

3) Vgl. Lehmann, a. a. O. Bd. II, S. 376.

gier, Brandes, Batka und Riegel) und des Phenyloxydhydrats (Wöhler) [1]).

Erdsalze sind die vorherrschenden Mineralbestandtheile der Hautschmiere, und zwar meist phosphorsaure Erden. Die Vorhautsalbe der Pflanzenfresser enthält indeß wenig phosphorsauren Kalk, dagegen viel kohlensaure Kalkerde, die neben Krystallen von schwefelsaurem Kalk auch reichlich im Bibergeil vertreten ist. Phosphorsaures Natron-Ammoniak, Chlornatrium und Salmiak sind in geringer Menge in der Hautschmiere vorhanden.

Für die procentische Zusammensetzung der vernix caseosa besitzen wir folgende Zahlen von

	J. Davy	Bueck.
Epithelium . .	13,25	5,40
Elain	5,75	10,15
Margarin . .	3,13	
Wasser . . .	77,87	84,45.

Die Thränen.

§. 10.

Durch den Nasenkanal fließt dem Nasenschleim beständig eine Flüssigkeit zu, die zum größten Theil von der Thränendrüse, zur geringeren Hälfte von den Drüschen der Bindehaut des Auges abgesondert wird. Ein Theil der Thränenflüssigkeit ist als einfache Durchschwitzung von Seiten der Bindehaut zu betrachten.

Die Thränen besitzen eine alkalische Reaction, die, wenn sie auch nicht immer gleich stark ist, doch auf die Ablösung des Bindehautepitheliums nicht ohne Einfluß zu sein scheint. So viel ist gewiß, daß die Thränen immer eine reichliche Menge von Epithelialgebilden beigemengt enthalten.

Etwas Schleim, der wie in der Synovia von aufgelösten Epitheliumzellen herrühren mag, und etwas Eiweiß, wahrscheinlich durchgeschwitzt aus den Haargefäßen der Bindehaut, sind regelmäßig in den Thränen vorhanden.

---

1) Vgl. oben S. 498.

Fett ist den Thränen von den Meibomschen Drüsen beigemengt.

Kochsalz ist, wie in Harn und Schweiß, der vorherrschende anorganische Bestandtheil, nächstdem phosphorsaures Alkali. Phosphorsaure Erden sind nur spurweise vertreten und gehören noch überdies wahrscheinlich dem Eiweiß und dem Epithelium an.

Alle diese Thatsachen verdanken wir Frerichs[1]), dem nur Bauquelin vorgearbeitet hatte. Von Frerichs besitzen wir ferner folgende Zahlen:

In 100 Theilen Thränen	I	II
Epithelium	0,14	0,32
Eiweiß	0,08	0,10
Salze und Schleim . .	0,72	0,88
Wasser	99,06	98,70.

Die Darmgase.

§. 11.

Während die Luft des Magens ein Gasgemenge darstellt, in welchem beinahe die Hälfte des Sauerstoffs der Luft und ein kleiner Theil des Stickstoffs durch viel Kohlensäure und etwas Wasserstoff ersetzt sind, bestehen die Gase des Dünndarms vorzüglich aus Wasserstoff und Kohlensäure, die des Dickdarms aus Kohlensäure, Kohlenwasserstoff und Wasserstoff. Die Gase des Dickdarms enthalten viel mehr Stickstoff als die des Dünndarms; beiden fehlt aber der Sauerstoff. Magendie und Chevreul.

In den Blähungsgasen fand Marchand vorherrschend Kohlensäure, neben der Kohlensäure Stickstoff, Wasserstoff und Kohlenwasserstoff in wechselnder Menge, endlich etwas Schwefelwasserstoff.

Die Verhältnisse dieser Gase ergeben sich genauer aus folgenden Zahlen, von denen die von Magendie und Chevreul sämmtlich an Hingerichteten gefunden wurden:

---

1) Vgl. Frerichs hübschen Artikel: Thränensecretion in R. Wagner's Handwörterbuch, Bd. III, S. 617, 618.

In 100 Theilen	Magengase. Magendie und Chevreul.	Dünndarmgase. Magendie und Chevreul.	Dünndarmgase. Magendie und Chevreul.	Dünndarmgase. Magendie und Chevreul.	Blinddarmgase. Magendie und Chevreul.	Dickdarmgase. Magendie und Chevreul.	Dickdarmgase. Magendie und Chevreul.	Mastdarmgase. Magendie und Chevreul.	Blähungsgase. Marchand.	Blähungsgase. Marchand.
Stickstoff . . .	71,45	20,08	8,85	66,60	67,50	51,03	18,40	45,50	14,0	29,0
Sauerstoff . .	11,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Kohlensäure . .	14,00	24,39	40,00	25,00	22,50	43,50	70,00	42,86	44,5	36,5
Wasserstoff . .	3,55	55,53	51,15	8,40	7,50	—	11,60	—	25,8	13,5
Kohlenwasserstoff	—	—	—	—	12,50	5,47		11,18	15,5	22,0
Schwefelwasserstoff	—	—	—	—	—	—	—	—	1,0	—

Selbst wenn man nicht wüßte, daß sehr häufig eine ansehnliche Menge Luft verschluckt wird, würde sich aus der Zusammensetzung der Magengase ergeben, daß sie zu einem großen Theil aus atmosphärischer Luft entstehen. Aller Wahrscheinlichkeit nach rührt die vermehrte Kohlensäure von den Gasen des Bluts her. Der gleichzeitig vorhandene Wasserstoff deutet jedoch darauf hin, daß schon hier eine Gährung stattfindet, welche einen Theil der Kohlensäure erzeugt. Bei der Lehre der Verdauung haben wir in der Bildung der Buttersäure aus den Fettbildnern einen solchen Gährungsvorgang kennen gelernt, der als eine reichliche Quelle von Wasserstoff und Kohlensäure betrachtet werden muß. Die gänzliche Abwesenheit von Sauerstoff in der Luft des Darms macht die Desoxydationserscheinungen erklärlich, denen wir früher im Darmkanal begegneten [1]).

Ein kleiner Theil der Kohlensäure der Darmgase ist von der Zersetzung des kohlensauren Natrons der Galle abzuleiten, welche durch die Milchsäure des Magensafts und durch die Säuren, die aus den Fettbildnern hervorgehen, bewirkt wird.

Die Zersetzung, welche den Kohlenwasserstoff des Darmkanals erzeugt, ist bisher im Einzelnen unbekannt. Schwefelwasserstoff entsteht aus dem Schwefelkalium unter Einfluß freier Säuren. Schwefelkalium aber wird theilweise gebildet durch Reduction des schwefelsauren Kalis, zu einem anderen, wahrscheinlich größeren Theil unter der Einwirkung des freien Alkalis des Darmsafts auf die eiweißartigen Körper [2]).

Der Koth.

§. 12.

Es ist wohl von Niemandem so scharf hervorgehoben worden, wie von Liebig, daß der Koth in seinem wesentlichsten Theile nicht aus Ueberbleibseln der Speisen, sondern aus Stoffen besteht, die aus dem Blut abgesondert und ausgeschieden wurden.

---

1) Vgl. S. 204.

2) Vgl. Mulder, proeve eener algemeene physiologische scheikunde, p. 1081.

Der Beitrag zu dieſen Stoffen beginnt bereits hoch oben im Darm, ja vielleicht ſchon im Magen. Es iſt nämlich nicht unwahrſcheinlich, daß die ſaure Reaction, welche den Inhalt des Zwölffingerdarms und des Leerdarms auszeichnet und ſich ſelbſt im Krummdarm erſt allmälig verliert, zum Theil wenigſtens von der Milchſäure des Magens herrührt, wenn ſie auch in den meiſten Fällen zur größeren Hälfte der aus den Fettbildnern entſtandenen Milchſäure und Butterſäure muß zugeſchrieben werden. Wenn der Inhalt des Dickdarms in der Regel, wenigſtens in ſeinen äußeren Schichten alkaliſch gefunden wird, ſo iſt das die Wirkung der Galle, des Bauchſpeichels und des Darmſafts, die in aufſteigender Ordnung alkaliſch reagiren und dennoch häufig nicht vermögend ſind auch die Säure der inneren Schichten des Dickdarminhalts zu ſättigen. Man findet nicht ſelten den Koth innerlich ſauer oder doch nur neutral, in einigen Fällen aber auch alkaliſch. Auffallend iſt es, daß nach Lehmann beim fünf- bis ſechsmonatlichen Fötus auch der Inhalt des Dünndarms neutral oder ſchwach ſauer iſt. Dieſelbe Reaction beſitzt der Inhalt des Dickdarms bei Früchten von 6—9 Monaten und das Mekonium des Säuglings, welches letztere dunkel braungrün bis ſchwarz und geruchlos zu ſein pflegt, trotzdem aber nach Höfle eine ſehr ſtarke Neigung beſitzt ſich zu zerſetzen.

Nach der früher gegebenen Beſchreibung der Abſonderungen, die dem Darmkanal zufließen, kann es Niemanden verwundern, wenn eigentlich nur die Gallenſtoffe im Koth mit Sicherheit unter den Beſtandtheilen, die vom Blut abſtammen, nachgewieſen werden können. Dieſe finden ſich aber zum Theil unverändert, zum Theil zerſetzt im ganzen Darmkanal. Merkwürdig iſt die von verſchiedenen Seiten gemachte Erfahrung, daß ziemlich häufig im geſunden Magen Gallenſtoffe vorkommen. Beaumont hat dies namentlich nach reichlichem Fettgenuß beobachtet [1]). Im Koth iſt jedoch von der Cholſäure und der Choleinſäure der Galle nur noch wenig zu finden [2]). Dieſe Säuren ſind größtentheils in Cholalſäure und Choloidinſäure, ja ſelbſt in

1) Vgl. Jac. Moleſchott, die Phyſiologie der Nahrungsmittel, ein Handbuch der Diätetik, Darmſtadt 1850, S. 524.

2) Frerichs, Art. Verdauung in R. Wagner's Handwörterbuch, S. 863.

Dyslysin zerlegt. Man muß also im Koth außer jenen stickstofffreien Zersetzungsprodukten der Galle auch Leimzucker und Taurin erwarten. Von diesen beiden ist aber nur das Taurin aufgefunden worden, obgleich Frerichs bei seinen umfassenden Arbeiten über die Verdauung nach Leimzucker suchte. Nach Mulder liefert die Galle bei ihrer Zersetzung im Darmkanal auch Ammoniak. Diese Entmischung der Galle im Darm ist sehr natürlich, wenn man weiß, wie leicht dieselbe außerhalb des Körpers durch den bloßen Schleim der Gallenblase herbeigeführt wird. Nach Frerichs wird die Zersetzung wesentlich beschleunigt durch die Gegenwart des Bauchspeichels [1].

Auch der Farbstoff der Galle wird im Darmkanal zersetzt. Der grüne Farbstoff wird nach und nach braun und ertheilt dem Darminhalt schon in der Nähe der Grimmdarmklappe eine braune Farbe. Diese Farbenveränderung beruht jedoch nicht etwa auf einer Reduction des Gallengrüns zu Gallenbraun [2]. Es liegt vielmehr eine weitergreifende Zersetzung vor, da die Farbenveränderung, welche das Cholepyrrhin mit Salpetersäure erzeugt, immer undeutlicher wird, je weiter der Koth im Dickdarm herabgestiegen ist. Zuletzt wird das Braun nach Frerichs durch Anwendung von Salpetersäure sogleich schmutzig roth.

Von diesen in Zersetzung begriffenen Gallenstoffen ist zu einem großen Theil der Geruch der Dickdarmexcremente abzuleiten (Valentin).

Es ist eine bekannte, namentlich von Mulder hervorgehobene Thatsache, daß alte Galle keine kohlensaure Salze mehr enthält. Nach Frerichs giebt das kohlensaure Alkali der Galle schon im Zwölffingerdarm seine Kohlensäure ab [3]. Nach unserer jetzigen Kenntniß der Galle kann diese Zerlegung füglicher Weise nur von einer Verseifung neutraler Fette abgeleitet werden.

Das Cholesterin der Galle wird im Koth unverändert wiedergefunden und zwar, zumal im Mekonium, in ziemlich bedeutender Menge.

---

1) Frerichs, a. a. O. S. 848, 849.

2) Vgl. oben S. 439.

3) Frerichs, a. a. O. S. 841.

Auffallend iſt es, daß der Dickdarminhalt des Fötus von 7—9 Monaten und das Mekonium der Säuglinge nach Lehmann weder Gallenſäuren, noch Gallenfarbſtoff deutlich erkennen läßt, da doch derſelbe Forſcher im Dünndarminhalt menſchlicher Früchte, die 5—6 Monate alt waren, Choleinſäure und Gallenfarbſtoffe nachweiſen konnte [1]).

Andere Stoffe, die ihre Abſtammung aus dem Blut verrathen, ſind der eiweißartige Körper, den Lehmann ſelbſt bei ſtickſtofffreier Koſt im wäſſerigen Auszug des Dünndarminhalts vorfand, ein dem Käſeſtoff oder dem Natronalbuminat ähnlicher Stoff, der im Dünndarminhalt fünfmonatlicher Früchte, und ein ſtickſtoffhaltiger, durch Metallſalze nicht, wohl aber durch Gerbſäure fällbarer Körper, der im Dünndarminhalt des Fötus und im Mekonium vorkommt [2]).

Endlich müſſen der Schleim und das Epithelium, das dem Darmkoth in allen Lebensaltern ſo reichlich beigemengt iſt, als eine wahre Ausſcheidung betrachtet werden, wenn auch die Epitheliumzellen, je nachdem ſie der Schleimhaut noch feſt aufſitzen oder bereits abgeſtoßen ſind, wie alle Horngebilde, einen Uebergang von den Geweben zu den Ausſcheidungsſtoffen darſtellen. In dem Mekonium ſind die Epitheliumzellen oft ſehr ſchön grün gefärbt (Lehmann).

Nach dieſen Angaben über die weſentlichen Beſtandtheile des Koths braucht es nicht betont zu werden, daß die Dickdarmausſcheidung auch bei faſtenden Menſchen und Thieren nicht fehlt, daß alſo die Ueberbleibſel der Speiſen in den Dickdarmexcrementen, wenn man den Ausdruck richtig verſteht, im Vergleich zu jenen Beſtandtheilen der Galle und anderer Abſonderungen als zufällig beigemengt zu betrachten ſind. Unter dieſen Ueberbleibſeln der Nahrungsmittel herrſchen diejenigen Stoffe vor, die in den Verdauungsflüſſigkeiten ſchwer oder ſo gut wie gar nicht löslich ſind. Dahin gehören vor allen Dingen der Zellſtoff, die Holzſtoffe, Wachs und Chlorophyll der pflanzlichen, die elaſtiſchen Faſern und die Horngebilde der thieriſchen Nahrungsmittel, unter den anorganiſchen Beſtandtheilen die Thonerde, die Kieſelerde, ein Theil der phosphorſauren, kohlenſauren, ſchwefelſauren Salze des Kalks und der Bittererde, endlich die Eiſenverbindungen, obgleich ſich

1) Vgl. Lehmann, a. a. O. Bd. II, S. 134, 135.

2) Lehmann, a. a. O. Bd. II, S. 116, 117, 134, 135.

von keinem dieſer Stoffe ſagen läßt, daß er in den Verdauungsflüſſigkeiten durchaus unlöslich wäre.

Der Grund, warum die genannten Stoffe in ſo großer Menge unverdaut abgehen, iſt nur das Mißverhältniß zwiſchen ihrer Löslichkeit einerſeits und der Menge des Löſungsmittels nebſt der Zeit der Einwirkung deſſelben andererſeits. Und weil dieſes Mißverhältniß für die leichter löslichen Nahrungsſtoffe ebenſo gut eintreten kann, wie bei den ſchwer löslichen, ſo werden auch hin und wieder, namentlich beim Menſchen, verdauliche Nahrungsſtoffe unverdaut in dem Koth gefunden. Als Ueberbleibſel der thieriſchen Nahrungsmittel fand Frerichs ſehr häufig Muskelprimitivbündel, Faſcien, Sehnen, Fettzellgewebe und Knochenſtückchen, lauter Theile, die man nicht für unlöslich erklären kann, die aber wegen ihres die Form bedingenden Zuſammenhangs, zum Theil auch wegen der Einmengung elaſtiſcher Faſern (Faſcien, Sehnen) den Darm eher verlaſſen als ſie gelöſt werden können. Ebenſo verhält es ſich mit dem geronnenen Käſeſtoff in dem Koth der Säuglinge, mit den riſſigen oder gelappten Stärkmehlkörnchen, den verſchiedenen Fetten, Seifen, Choleſterin, ja ſogar mit Eiweiß, Zucker und löslichen Salzen, die man in den Dickdarmercrementen antrifft, weil ſie in zu großer Menge eingeführt wurden und zu kurz im Darmkanal verweilten, um von dem gegebenen Vorrath der Verdauungsflüſſigkeiten gelöſt werden zu können.

Für die Salze des Koths läßt es ſich am ſchwerſten entſcheiden, welche und wie viel vom Blut, welche dagegen von den Nahrungsmitteln herzuleiten ſind. Die Thonerde, die Kieſelerde, das nach dem Genuſſe eiſenhaltiger Mineralwaſſer im Koth enthaltene Schwefeleiſen (Kerſten, Einfachſchwefeleiſen, Fe S, nach Lehmann) laſſen freilich keinem Zweifel über ihren Urſprung Raum. Ebenſo ſicher rühren die Kryſtalle von phosphorſaurem Bittererde-Ammoniak und die reichliche Menge von phosphorſaurer Bitterde überhaupt, zumal nach pflanzlicher Koſt, von den Nahrungsmitteln her. Und es iſt ein neuer Beweis für die Stetigkeit der endosmotiſchen Aequivalente einzelner Stoffe zu beſtimmten thieriſchen Wänden, daß, trotz der größeren Löslichkeit der Verbindungen der Bittererde, in den Dickdarmercrementen im Vergleich zu den eingeführten Speiſen immer verhältnißmäßig mehr Bittererdeſalze als Kalkſalze zurückbleiben, obgleich die abſolute Menge der Kalkſalze größer iſt (vgl. S. 526). In derſelben Weiſe muß wohl die Thatſache erklärt werden, daß in dem Koth nicht bloß ver-

hältnißmäßig, ſondern unbedingt das Kali weit über das Natron vorherrſcht.

Allein gerade hier beginnt der Zweifel an der Abſtammung der Mineralbeſtandtheile des Koths. Die Chloralkalimetalle, die kohlenſauren und phosphorſauren Alkaliſalze rühren gewiß zum Theil vom Blut her, zum Theil von der eingeführten Nahrung. Dagegen iſt mehr als wahrſcheinlich, daß die ſchwefelſauren Salze nur von den Speiſen und Getränken herrühren, da Lehmann [1]) in dem Mekonium keine Spur von ſchwefelſauren Salzen gefunden hat.

Daß der Inhalt des Verdauungskanals ſchon im Blinddarm eine braune Farbe beſitzt, wurde ſchon oben angedeutet. Dort beginnt auch die größere Feſtigkeit deſſelben und der eigentliche Kothgeruch. Auf die Entwicklung dieſes Geruchs ſcheint das Alkali des Darmſafts einen bedeutenden Einfluß zu üben. Wenn man einen eiweißartigen Körper oder Leim mit drei Theilen Kalihydrat ſchmelzt und die erkaltete Maſſe bis zur leicht ſauren Reaction mit Schwefelſäure verſetzt, dann entſtehen bei der Deſtillation abſcheuliche Gerüche, die je nach dem angewandten Körper in der verſchiedenſten Weiſe an den Kothgeruch erinnern (Liebig) [2]). Es iſt ſchon früher bemerkt, daß ein Hauptantheil des Geruchs der Dickdarmexcremente den in Zerſetzung begriffenen Gallenſtoffen zugeſchrieben werden muß. Und mit allen dieſen flüchtigen Stoffen, deren Natur nicht weiter erforſcht iſt, vermiſchen ſich der Schwefelwaſſerſtoff und die Kohlenwaſſerſtoffe des Dickdarms.

Weil die Dickdarmexcremente in der Regel eine Menge von Ueberbleibſeln der Nahrung enthalten, ſo müſſen überhaupt die Zahlenverhältniſſe der einzelnen Beſtandtheile ſehr wechſeln. Ein Beiſpiel dieſer Zahlenverhältniſſe beſitzen wir in folgender Analyſe von Berzelius:

Galle	0,9
Schleim, Cholalſäure, Choloidinſäure, Fett u. andere thieriſche Stoffe . .	14,0

1) Lehmann, a. a. O. Bd. II, S. 135.

2) Liebig, die Thierchemie oder die organiſche Chemie in ihrer Anwendung auf Phyſiologie und Pathologie. Braunſchweig 1846 (dritte Auflage), S. 137.

Eiweiß	0,9
Extractivſtoffe	5,7
Unlösliche Ueberbleibſel der Speiſen	7,0
Salze	1,2
Waſſer	75,3.

Die Zuſammenſetzung der Mineralbeſtandtheile des Koths ergiebt ſich aus folgenden Zahlen:

In 100 Theilen Aſche.

	Roſe	Porter.
Kali	12,44	6,10
Kalihydrat	10,05	—
Natron	0,75	5,07
Chlorkalium	0,07	—
Chlornatrium	0,58	4,33
Kalk	21,36	26,46
Bittererde	10,67	10,54
Eiſenoxyd	2,09	2,50
Phosphorſäure	30,98	36,03
Schwefelſäure	1,13	3,13
Kohlenſäure	1,05	5,07
Kieſelſäure	1,44	—
Sand	7,39	—.

In 24 Stunden entleert ein Erwachſener nach Valentin durchſchnittlich 120—180 Gramm Koth, die im trocknen Zuſtande 30—45 Gramm entſprechen. Als Mittel aus Wägungen, die ſich über 4 Tage erſtreckten, beträgt die Menge der Mineralbeſtandtheile, die in Einem Tag mit den Dickdarmexcrementen abgehen, nach Porter 2,87 Gr.[1]), in einer Unterſuchung Roſe's 2,34. Dieſe letzteren waren folgendermaaßen zuſammengeſetzt[2]):

Kali	0,54 Gramm
Natron	0,02 „

1) Porter in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXXI, S. 110.

2) Roſe in dem Journal von Erdmann und Marchand, Bd. XLVIII, S. 57.

Chlornatrium . . .	0,02	Gramm
Kalk	0,55	„
Bittererde	0,28	„
Eisenoxyd	0,05	„
Phosphorsäure . .	0,81	„
Schwefelsäure . . .	0,03	„
Kieselsäure	0,04	„
	2,34	Gramm.

Von einigen Thieren werden aus dem Dickdarm eigenthümliche Stoffe entleert, welche dem Koth derselben besondere Namen verschafft haben. So besteht das Hyraceum oder Dasjespis von Hyrax capensis nach Lehmann aus harzigen Stoffen, Zersetzungsprodukten der Galle und Ueberbleibseln pflanzlicher Nahrungsmittel. Die Angabe Reichel's, daß das Hyraceum mit dem Harn des Klippendachses vermengt sei, fand in der Lehmann'schen Untersuchung keine Bestätigung. Denn obgleich etwas Phenyloxydhydrat oder sogenannte Carbolsäure in demselben vorkam, fehlten doch sowohl der Harnstoff, wie die Harnsäure und die Hippursäure [1]).

In der Ambra hat man krankhaft veränderte Dickdarmexcremente von Physeter macrocephalus erkannt. Die wesentlichen Bestandtheile der Ambra sollen jedoch auch in der Harnblase des Pottfisches vorkommen [2]). In der Ambra hat man ein eigenthümliches, nicht verseifbares Fett gefunden, das sogenannte Ambrin, das bei 37° schmilzt und in sternförmig gruppirten Nadeln krystallisirt. John hat außerdem Harz, Benzoësäure (von Hippursäure?) und Kochsalz in der Ambra gefunden.

Ferner gehören hierher die Bezoare, welche aus dem Dickdarm einer in Persien lebenden wilden Ziege und des Babianum cynocephalum abstammen. Es sind eirunde oder nierenförmige, dunkel olivengrüne, bräunliche oder etwas marmorirte Körper mit glatter Oberfläche, eingeschachtelt schaligem Bau und splittrigem Gefüge, die, wenn sie frisch aus dem Thier genommen sind, die Festigkeit von hart gekochten Eiern haben, später aber hart werden. Diese Bezoare enthal-

1) Vgl. Lehmann, a. a. O. Bd. II, S. 454.

2) Vgl. Wiegmann und Ruthe, Handbuch der Zoologie, dritte Auflage, Berlin, 1848, S. 79.

ten als wesentlichsten Bestandtheil nach Taylor, Merklein und Wöhler die sogenannte Ellagsäure oder Bezoarsäure, $C^{14} H^{1} O^{7} + HO$ (Merklein und Wöhler), die im krystallisirten Zustande noch 2 Aeq. Wasser enthält [1]).

Die Ellagsäure bildet ein blaßgelbes Pulver ohne Geruch und Geschmack. Bei starker Vergrößerung bildet sie glänzende, durchsichtige Prismen. Sie ist in Wasser und Alkohol schwer, in Aether fast gar nicht löslich und nicht schmelzbar.

Um die Bezoarsäure oder Ellagsäure zu bereiten, empfehlen Merklein und Wöhler [2]) folgendes Verfahren. Die von der Kernmasse befreiten Bezoare werden fein zerrieben und das Pulver in einem luftdicht schließenden, ganz anzufüllenden Gefäß mit einer mäßig starken Lauge von Kalihydrat übergossen, in welcher es sich bei längerem Bewegen des Gefäßes auflöst. Die Luft muß möglichst sorgfältig abgehalten werden, weil die Ellagsäure eine außerordentliche Neigung besitzt, sich zu Glaukomelansäure, $C^{12} H^{2} O^{6}$, zu oxydiren. Die safrangelbe, geklärte Lösung wird vermittelst eines mit Wasser angefüllten Hebers vom Bodensatz getrennt und einem Strom von gewaschener Kohlensäure ausgesetzt. Dann fällt neutrales ellagsaures Kali zu Boden, das durch Umkrystallisation aus ausgekochtem, fast siedendheißem Wasser gereinigt wird. Aus diesem Salze wird die Ellagsäure durch verdünnte Salzsäure abgeschieden.

Da die Ellagsäure fertig gebildet in der Tormentilla vorkommen soll [3]) und ferner beim Schimmeln eines Galläpfelaufgusses neben Gallussäure und Kohlensäure entsteht, so kann es keinem Zweifel unterliegen, daß sie in den Darmsteinen jener wilden Ziege und des Pavians von ellagsäurehaltigen oder gerbsäurehaltigen Pflanzen herstammt. Wahrscheinlich entsteht die Ellagsäure aus der Gerbsäure erst nach der Umwandlung dieser in Gallussäure, aus der Gallussäure aber weiter durch einfache Oxydation:

Gallussäure		Ellagsäure.
$2\,C^{7} H^{3} O^{5}$	$- 3\,HO + O =$	$C^{14} H^{1} O^{7} + HO.$

1) Liebig und Wöhler, Annalen, Bd. LV, S. 134.

2) Liebig und Wöhler, Annalen Bd. LV, S. 130—132.

3) Vgl. Schloßberger, Lehrbuch der organischen Chemie, Stuttgart, 1850, S. 345.

Andere Bezoare, die jedoch nach Taylor vorzugsweiſe im Magen wilder Ziegen vorkommen ſollen, enthalten ſtatt der Ellagſäure Lithofellinſäure, $C^{40}\ H^{36}\ O^{7} + HO$ nach der von Berzelius aus Wöhler's Zahlen abgeleiteten Formel.

Die Lithofellinſäure kryſtalliſirt in kleinen, ſechsſeitigen, gerade abgeſtumpften Prismen, die bei 205° ſchmelzen, in Waſſer nicht, leicht in heißem Alkohol, wenig in Aether gelöſt werden. Die Schmelzbarkeit und die größere Löslichkeit in Alkohol unterſcheiden die Lithofellinſäure von der Ellagſäure.

Nach Göbel, der die Lithofellinſäure entdeckte, läßt ſich dieſelbe aus den betreffenden Bezoaren durch Alkohol ausziehen, mittelſt Thierkohle entfärben und durch Umkryſtalliſation reinigen.

Zahlreiche Darmſteine, die ſich jedoch nicht bloß bei jenen orientaliſchen Ziegen, ſondern im Darm der Wiederkäuer überhaupt und namentlich im Blinddarm der Pferde finden, beſtehen aus phosphorſaurer Bittererde, phosphorſaurem Bittererde-Ammoniak oder aus phosphorſaurem Kalk. Nach Taylor giebt es auch Bezoare, die aus kleeſaurem Kalk zuſammengeſetzt ſind.

Beſondere Ausſcheidungen.

§. 13.

Anhangsweiſe ſollen hier einige beſondere Ausſcheidungen zur Sprache gebracht werden, in ähnlicher Weiſe wie die Seide, die Herbſtfäden und die Cochenille an die Abſonderungen angereiht wurden.

In erſter Linie verdienten hier die Ausſcheidungen der in dem Thierreich ſo häufig vorhandenen Giftdrüſen erwähnt zu werden. Leider aber wiſſen wir über dieſe nicht viel mehr, als daß die meiſten Myriapoden in kleinen birnförmigen, unter der Haut liegenden Säckchen einen braunen ätzenden Saft abſondern, der nach Chlor riecht und aus ſeitlichen Oeffnungen der Körperringel, den ſogenannten Foramina repugnatoria, entleert wird, und daß die Ameiſen aus den in der Aftergegend befindlichen Drüſen einen ſauren Saft ausſpritzen, der die bekannte Ameiſenſäure enthält. Vielleicht iſt jedoch dieſe Ameiſenſäure kein Erzeugniß des in den Ameiſen vor ſich gehenden Stoffwechſels, da die Nadeln mehrer Pinus-Arten, die Wachholderbeeren

und, wie es ſcheint, auch andere Pflanzentheile fertig gebildete Ameiſenſäure enthalten [1]).

Hier, wie bei jenen, einzelnen Thieren oder Thiergruppen eigenthümlichen, Abſonderungen müßte ich in das Gebiet der vergleichenden Anatomie hinüberſchweifen, die dem Chemiker und dem Phyſiologen viele Vorarbeiten geliefert hat, auf die bisher nicht fortgebaut wurde. Von allen den zahlreichen Drüſen, die in den verſchiedenen Thierklaſſen als Ausſcheidungswerkzeuge betrachtet werden müſſen, iſt nur etwa noch der Tintenbeutel der Cephalopoden hinſichtlich ſeiner Ausſcheidung unterſucht, und auch dieſe Unterſuchung iſt nur ein Anfang des Anfangs. Nach Kemp enthält der Sepienſaft Eiweiß und ſchwarzes Pigment, nach Bizio Harze, Farbſtoffe, Schleim, Gallerte, Kochſalz, Chlorkalium, kohlenſauren Kalk und Eiſenoxyd.

Ueber dieſe Lücken darf man ſich freilich nicht wundern, wenn man bedenkt, wie wenig ſelbſt diejenigen Ausſcheidungen der Wirbelloſen erforſcht ſind, für welche beſtimmte, den Wirbelthieren entnommene Thatſachen als Richtſchnur dienen könnten.

§. 14.

Aus der Bekanntſchaft mit den handgreiflichen Ausſcheidungen hat ſich die Lehre vom Stoffwechſel ergeben. In ihrer ganzen Bedeutung konnte dieſe jedoch erſt anerkannt werden, ſeitdem ſorgfältige Wägungen erwieſen hatten, daß der Körper eines Erwachſenen trotz der Einführung der Nahrungsmittel und der Aufnahme des Sauerſtoffs in 24 Stunden keine erhebliche Gewichtsvermehrung, aber auch trotz der Ausſcheidungen keinen erheblichen Gewichtsverluſt erleidet. Für die dem Körper zugeführten Stoffe werden die Ausleerungen ausgetauſcht. Es iſt ein Stoffwechſel, in dem ſich Einnahmen und Ausgaben decken.

In dem erſten Kapitel des dritten Buchs habe ich die Nahrungsſtoffe eingetheilt in eiweißartige Körper, in Fettbildner, Fette und anorganiſche Beſtandtheile. Dieſe, in Vereinigung mit dem Sauerſtoff, bilden die ſämmtlichen Einnahmen des Körpers. Nach der Geſchichte der allgemein verbreiteten Beſtandtheile der Thiere innerhalb des Thier-

1) Vergl. oben S. 285, 286.

leibes, wie sie in diesem Buche niedergelegt ist, braucht es nicht mehr hervorgehoben zu werden, daß der Sauerstoff den Anstoß giebt zu allen den Umwandlungen, welche die Bestandtheile des Bluts und der Gewebe erleiden, bevor sie als Ausscheidungsstoffe den Körper verlassen.

Nachdem die eiweißartigen Körper allmälig zu Horngebilden, zu Harnsäure und Harnstoff, zu schwefelsauren und phosphorsauren Salzen oxydirt sind, verlassen sie den Körper in der Gestalt von ausfallenden Haaren, abgestoßenen Epithelien, von Schleim und Harn. Wenn unter Aufnahme von Sauerstoff die Fettbildner und Fette zu Kohlensäure und Wasser verbrannt sind, werden sie durch Haut und Lungen aus dem Körper entfernt.

Allein die Kohlensäure und das Wasser gehen nicht ausschließlich aus Fett oder Fettbildnern, die stickstoffhaltigen Ausscheidungsstoffe nicht ausschließlich aus eiweißartigen Körpern hervor. Denn auch die Eiweißstoffe werden theilweise in Kohlensäure und Wasser umgesetzt, und außer den eiweißartigen Verbindungen haben auch die Fette Antheil an der Bildung der Gallensäuren. Ein Theil des Stickstoffs der Eiweißkörper und ihrer Abkömmlinge verläßt das Blut als solcher oder als Ammoniak der ausgeathmeten Luft. Der Schwefel der Eiweißkörper aber, der nicht bis zur Schwefelsäure oxydirt wurde, wird mit den Horngebilden ausgestoßen, der Phosphor mit den Haaren. Die größere Hälfte dieser Grundstoffe findet sich freilich in der Gestalt von schwefelsauren und phosphorsauren Salzen im Harn, dessen organische Stoffe weder Schwefel noch Phosphor enthalten.

Die anorganischen Bestandtheile des Körpers werden überhaupt vorzugsweise mit dem Harn, aber auch mit Koth und Schweiß, mit Schleim und Horngebilden dem Körper entzogen.

Nach den Bestimmungen, die Valentin an seinem eigenen Körper vornahm, vertheilt sich das dem Gewicht der Nahrung gleichkommende Gewicht der Ausscheidungen so, daß $1/3$ bis $1/2$ desselben mit den nicht greifbaren Stoffen der ausgeathmeten Luft und der Hautausdünstung, $1/3$ bis $7/10$ mit dem Harn, $1/14 - 1/18$ mit dem Koth dem Körper entzogen wird.

Eine vervollkommnete Darstellung dieser Zahlenverhältnisse, deren Lehre man in neuerer Zeit als die Statik des Thierkörpers be-

zeichnet, hat man den Untersuchungen Barral's zu verdanken [1]). In Barral's Arbeit muß es sogleich als ein Fortschritt der Auffassung betrachtet werden, daß er das Gewicht der handgreiflichen und der ungreifbaren Ausscheidungen nicht mit dem Gewicht der Nahrung allein, sondern mit dem Gewicht der Nahrung sammt eingeathmetem Sauerstoff vergleicht. Nur so kann das wahre Gleichgewicht zwischen Einnahmen und Ausgaben gefunden werden. Wird dies bei der Zusammenstellung der Zahlen Valentin's und Barral's berücksichtigt, dann ergiebt sich eine ganz befriedigende Uebereinstimmung.

Nach Barral verhält sich die Menge der aufgenommenen Nahrung zur Menge des eingeathmeten Sauerstoffs durchschnittlich wie 74,4 : 25,6. Die Summe beider ist = 100 gesetzt. Hält man sich nun an die oben erwähnte Thatsache, daß das Gewicht der Ausgaben das der Einnahmen beim Erwachsenen deckt, dann bekommt man nach Barral das Verhältniß der ungreifbaren zu den handgreiflichen Ausscheidungen wie 65 : 34,5. Es fehlen zu 100 nur 0,5, die auf andere Weise verloren gingen.

Von jenen 65, die durch Haut und Lungen entweichen, gehören nach Barral 34,8 dem Wasser, 30,2 der Kohlensäure. Bedenkt man nun, daß nach Scharling die von der Haut ausgeschiedene Kohlensäure nur etwa $^1/_{27}$ von der ausgeathmeten beträgt, so ergiebt sich — selbst wenn man eine sehr hohe Zahl für das von der Haut verdunstende Wasser annimmt, — daß mindestens die Hälfte der ungreifbaren Ausscheidungsstoffe beim Menschen allein von den Lungen herstammt. Bei Vögeln und Säugethieren überwiegt die Thätigkeit der Lungen die der Haut noch bedeutender, da die durch die Haut entweichende Kohlensäure nach Regnault und Reiset bei diesen Thieren nur selten $^1/_{50}$ von der ausgeathmeten beträgt [2]).

Ueber das Verhältniß der Gallenabsonderung zur Athmung haben in der neuesten Zeit Untersuchungen von Bidder und Schmidt einigen Aufschluß gegeben [3]). Diese Forscher fanden, daß sich der

---

1) Barral, Mémoire sur la statique chimique du corps humain, in den Annales de chimie et de physique, 3e série, Tome XXV, p. 141 und folg.

2) Vgl. oben S. 487.

3) Bidder und Schmidt, bei Lehmann, a. a. O. Bd. II, S. 73.

Kohlenstoff der Galle zum Kohlenstoff der ausgeathmeten Luft verhält wie 1 : 40 oder höchstens wie 1 : 10.

Aus den oben mitgetheilten Zahlen Barral's ergiebt sich das Verhältniß der ungreifbaren zu den handgreiflichen Ausscheidungen in runden Zahlen gleich 2 : 1. Wenn man hiernach die von Barral an sich selbst, einem 29jährigen Manne, der 47,5 Kilogramm wiegt, beobachteten Ausgaben berechnet, dann findet man den ganzen Gewichtsverlust, den der Körper eines Erwachsenen in 24 Stunden erleidet, im Monat Juli gleich 3298,2 Gramm, im Monat December dagegen gleich 3794,1 Gramm. Demnach verlor Barral im Sommer etwa $^1/_{14}$, im Winter etwa $^1/_{12}$ seines Körpergewichts in 24 Stunden, Zahlen, deren Größe nicht überraschen kann, wenn man bedenkt, daß mehr als $^1/_3$ derselben aus Wasser besteht und daß sie zugleich eine Sauerstoffmenge enthalten, die der in 24 Stunden eingeathmeten gleich kommt.

Im Winter wurde von Barral im Vergleich zum Sommer nicht nur mehr Kohlenstoff und Wasserstoff, sondern auch mehr Stickstoff ausgeschieden.

Zieht man, um in runden Zahlen zu bleiben, von jenem täglichen Gewichtsverlust Barral's für den eingeathmeten Sauerstoff $^1/_4$ ab, so sinkt die tägliche Gesammtausgabe, die nur von den Nahrungsmitteln gedeckt wird, auf $^1/_{18}$ bis $^1/_{16}$ des Körpergewichts. Gesetzt nun es ginge täglich ein anderes Achtzehntel oder ein anderes Sechszehntel mit den Ausscheidungen verloren, dann könnte der Körper in etwa 16 bis 18 Tagen seinen sämmtlichen Stoff umgesetzt haben.

Freilich ist jene Annahme nicht zu rechtfertigen, weil es keinem Zweifel unterliegt, daß ein Theil der Nahrung und namentlich ein großer Theil des aufgenommenen Wassers unmittelbar aus dem Blut ausgeschieden wird [1]). Eine große Schnelligkeit des Umsatzes wird aber auch durch andere Untersuchungen erwiesen. Aus den vorliegenden Beobachtungen habe ich berechnet, daß die mittlere Lebensdauer fastender Menschen 14 Tage beträgt [2]). Nach Chossat haben aber

---

1) Vgl. oben S. 471 und 266.

2) Vgl. Jac. Moleschott, die Physiologie der Nahrungsmittel, S. 82.

Thiere der vier Wirbelthierklaſſen im Augenblick des Hungertodes 0,4 des abſoluten Körpergewichts verloren. $2\frac{1}{2} \times 0{,}4$ iſt gleich 1. Alſo würden, wenn das Leben mit gleichem Stoffumſatz fortdauern könnte, $2\frac{1}{2} \times 14$ oder 35 Tage hinreichen, um den ganzen Stoffvorrath des Körpers zu verausgaben. So gewiß nun dieſe Vorausſetzung eine Unmöglichkeit einſchließt, ſo gewiß iſt es, daß der Stoffwechſel bei regelmäßig genährten Menſchen raſcher von Statten geht, als bei faſtenden. Und dadurch verliert alſo die obige Zahl durchaus ihr Abenteuerliches.

Es läßt ſich nicht bezweifeln, daß ein kräftig arbeitender Mann in 20—30 Tagen bei Weitem den größten Theil der Materie ſeines Körpers umſetzt. Die Lebendigkeit dieſes Umſatzes iſt das Maaß ſeiner Kraft.

Die Eigenwärme.

Alle Zerſetzung in Pflanzen und Thieren beruht auf einer Aufnahme von Sauerſtoff. Die Rückbildung iſt eine Verbrennung, ſowie die Neubildung der organiſchen Stoffe umgekehrt in einer Reduction beſteht.

Jede Verbrennung iſt von einer Wärme-Entwicklung begleitet. Deshalb wird von allen lebenden Weſen, von Pflanzen und Thieren, Wärme erzeugt.

Nur die von Pflanzen und Thieren ſelbſt erzeugte Wärme verdient im engern Sinn den Namen Eigenwärme. Allein dieſe Wärme iſt ſchwer zu meſſen.

Würde von den organiſchen Weſen nur Wärme entwickelt, ginge nicht durch Ausſtrahlung und Verdunſtung, durch Auflöſung und Luftwechſel eine bedeutende Wärmemenge verloren, ſo könnte man die Eigenwärme mit Sicherheit ausdrücken durch den Unterſchied zwiſchen dem Wärmegrad eines lebenden Körpers und dem der Luft oder des Waſſers, in welchem derſelbe lebt.

Sehr häufig aber iſt der Verluſt an Wärme ſo groß, daß der Wärmegrad einer Pflanze, eines Thiers unter den Wärmegrad der Umgebung hinabſinkt, und doch wird von dem Thier, von der Pflanze Wärme erzeugt. Es iſt klar, daß dieſe Wärme durch den Unterſchied zwiſchen der Wärme des Körpers und der der Luft oder des Waſſers nicht gemeſſen wird, daß ſie vielmehr nur berechnet werden könnte, wenn wir im Stande wären den Wärmeverluſt in jenen Fällen mit Genauigkeit zu beſtimmen.

Wir ſind alſo leider beſchränkt auf die Kenntniß des Wärmegrads der organiſchen Weſen an und für ſich. Die wirkliche Eigenwärme iſt für kein Thier, für keine Pflanze erforſcht.

Der Fall, daß der Wärmeverluſt die Wärmebildung um ſo viel übertrifft, daß der Wärmegrad des Organismus geringer iſt als die

Wärme der Umgebung, tritt am häufigsten ein bei den Pflanzen. Es gelang aber dennoch in diesem Falle das Bestehen der Eigenwärme nachzuweisen, indem man die Quelle der Verdunstung abschnitt. Indem Dutrochet Pflanzen in eine mit Wasserdampf gesättigte Luft brachte, beobachtete er an verschiedenen Stellen eine Erhöhung der Wärme um $^1/_{12}$ bis $^1/_3$° C. über die der umgebenden Luft.

Ebenso verhält es sich mit denjenigen Amphibien, die durch eine sehr feuchte Haut ausgezeichnet sind. Während die Geburtshelferkröte in gewöhnlicher Luft um $^3/_4$°, Frösche um 1° C. kälter sein können als die Umgebung, fand Dutrochet in einer mit Wasserdämpfen vollständig gesättigten Luft einen Ueberschuß über den Wärmegrad der Umgebung, der für die Frösche $^1/_{20}$—$^1/_{30}$°, für die Geburtshelferkröte $^1/_8$° betrug.

In anderen Fällen ist es weniger die Verdunstung als die Ausstrahlung oder die Mittheilung der Wärme durch Berührung, welche die Eigenwärme verbirgt. Kleine Thiere besitzen im Verhältniß zu ihrem Körpergewicht eine große Oberfläche, sie strahlen viel Wärme aus. Der höchste Wärmegrad, den Dutrochet bei den kräftig athmenden Insekten beobachten konnte, betrug für angestrengte Hummel und Maikäfer $^1/_2$° C. mehr als die Luftwärme, während in anderen Fällen die Thiere sogar kälter waren als die umgebende Luft, z. B. **Bombus lapidarius.**

Noch stärker ist in der Regel der Wärmeverlust, den die Fische im Wasser erleiden. Von Humboldt und Provençal, und selbst Dutrochet, der mit seiner thermo-elektrischen Vorrichtung $^1/_{64}$° messen konnte, fanden gar keinen Unterschied zwischen der Wärme der Fische und dem Wärmegrad des Wassers. Martine, Hunter, Despretz beobachteten jedoch bei Fischen eine höhere Wärme, ebenso Davy bei einigen **Thynnus**- und **Scomber**-Arten, und für **Pelamys Sarda** maß der letztgenannte Forscher sogar einen Ueberschuß von 3,9° C. [1]).

Je größer die Aufnahme des Sauerstoffs wird, desto höher ist unter sonst gleichen Verhältnissen der Wärmegrad bei Pflanzen und Thieren. Bei den Pflanzen ist die Verbrennung am thätigsten beim

1) Vgl. Donders, der Stoffwechsel als die Quelle der Eigenwärme bei Pflanzen und Thieren, Wiesbaden 1847, S. 9—15.

Keimen des Samens und in der Blüthe. Ganz dem entſprechend erhebt ſich die Wärme von keimenden Samen nach Goeppert um 5—25° über die Wärme der umgebenden Luft. Die Blüthe von Arum maculatum zeigt nach Dutrochet einen Unterſchied von der Luftwärme im Betrage von + 11 bis 12°, die von Colocasia odora, für welche ſchon Brongniart ſowie Vrolik und de Vrieſe eine ſtarke Wärme-Erhöhung beobachteten, von + 22° nach Bergsma und van Beek. Vrolik und de Vrieſe beobachteten eine Zunahme der Wärme, wenn ſie die Blüthe von Colocasia odora in Sauerſtoffgas, dagegen ein Aufhören der Wärme-Entwicklung, wenn ſie die Blüthe in Kohlenſäure brachten.

Weil in den Thieren der Sauerſtoff mit dem Blut allen Werkzeugen des Körpers zugeführt wird oder ſich ſelbſt wie in den Tracheen der Inſekten durch den ganzen Thierleib verbreitet, ſo iſt hier eine ſo ſtarke Wärme-Entwicklung an einzelnen beſchränkten Orten nicht möglich. Bei den durch kräftige Lungen athmenden warmblütigen Thieren zeigt der ganze Körper einen bedeutenden Ueberſchuß über die Wärme der Luft. Der Wärmegrad der Säugethiere ſchwankt zwiſchen 37 und 41°, der der Vögel zwiſchen 41 und 44° C. [1]).

An denjenigen Stellen, an welchen die reichlichſte Menge des Sauerſtoffs ſich mit den Beſtandtheilen des Körpers verbindet, iſt auch der Wärmegrad am höchſten. So kann das Blut der Schlagadern nach den genauen Meſſungen von Becquerel und Breſchet um 0°,896 C. das Blut der Adern übertreffen. In der linken Herzkammer fand W. Naſſe bei Hühnern das Blut durchſchnittlich um 0°,59 C. wärmer als in dem linken Vorhof [2]). Ich möchte mit Donders dieſe Thatſache am liebſten dadurch erklären, daß gerade in der linken Herzkammer eine kräftige Oxydation des Blutes ſtattfindet.

In Folge des Verluſts durch Ausſtrahlung iſt die Wärme der Haut durchſchnittlich um 3° C. geringer als die der inneren Theile; am allerniedrigſten pflegt die Wärme der Haut der Fußſohlen zu ſein, die vom Herzen am weiteſten entfernt iſt.

---

1) Die gründlichſte Zuſammenſtellung der hierher gehörigen Zahlen findet ſich bei Tiedemann, Phyſiologie des Menſchen, Bd. I, S. 454—465.

2) Vgl. H. Naſſe, Art. thieriſche Wärme in R. Wagner's Handwörterbuch, Bd. IV, S. 32.

Es kann nach dieſen wenigen Thatſachen, die ſich leicht vermehren ließen, keinem Zweifel unterliegen, daß die Verbrennung der organiſchen Stoffe von Pflanzen und Thieren den Hauptantheil hat an der Erzeugung der Eigenwärme. Wenn alle übrige Verhältniſſe bei zwei verſchiedenen Thieren gleich wären, wenn außerdem dieſelben Stoffe verbrannt und dieſelben Verbrennungsprodukte gebildet würden, dann müßte die Menge erzeugter Wärme zu dem aufgenommenen Sauerſtoff in geradem Verhältniß ſtehen.

Dem iſt aber nicht ſo. Weder die Bedingung, noch ihre Folgen zeigen ſich jemals erfüllt.

Es iſt klar, die Menge der Eigenwärme kann in den organiſchen Weſen nicht einfach Schritt halten mit der Menge des aufgenommenen Sauerſtoffs. Und zwar zunächſt, weil die Verbrennung wohl bei Weitem die wichtigſte, jedoch keineswegs die einzige Quelle der Eigenwärme iſt.

Ich denke hiebei nicht an die Wärme-Entwicklung, welche F. und H. Naſſe dem Druck des Herzens auf das Blut, der Reibung des Bluts an den Gefäßwänden und der Körperchen an einander, der Zuſammenziehung der Muskeln zuſchreiben [1]). Denn alle dieſe Bedingungen laſſen ſich als Beförderungsmittel der Oxydation betrachten.

Allein es giebt zahlreiche chemiſche Vorgänge, die ſich nicht auf Oxydation zurückführen laſſen und dennoch Wärme hervorbringen. Dahin gehört zunächſt die Verbindung von Baſen mit Säuren, in welcher nach Andrews [2]) namentlich die Art der Baſe die Menge der Wärme beſtimmt, während es nach dem genannten Forſcher bei gleicher Baſis nahezu gleichgültig ſein ſoll, welche Säure in die Verbindung eingeht. Nur dann, wenn die betreffende Säure es nicht vermag, die alkaliſche Reaction der Baſis aufzuheben, iſt die Wärmeentwicklung geringer als bei ſtärkeren Säuren. In dieſem Fall befindet ſich z. B. die Kohlenſäure. Wird alſo dieſe Säure aus dem Natronſalz durch eine ſtärkere Säure, im Thierkörper z. B. durch Milchſäure, ausgetrieben, dann wird Wärme entwickelt. Ebenſo wird nach An-

1) Vgl. H. Naſſe Art. thieriſche Wärme in R. Wagner's Handwörterbuch, Bd. IV, S. 50.

2) Andrews in dem Journal von Erdmann und Marchand, Bd. I, S. 478.

drewš Wärme frei, wenn ein neutrales Salz sich in ein basisches verwandelt, nicht aber wenn ein neutrales Salz in ein saures übergeführt wird oder wenn zwei neutrale Salze mit einander zu einem Doppelsalz verbunden werden.

Es ist eine längst bekannte Thatsache, daß die Verbindung von Schwefelsäure mit Wasser von einer Wärme-Entwicklung begleitet ist. Pouillet und Regnault haben diese Thatsache, die sich bloß auf Hydratbildungen zu beziehen schien, verallgemeinert, indem sie durch Versuche erhärteten, daß durch die Befeuchtung trockner Körper viel Wärme erzeugt wird und noch mehr, wenn statt der bloßen Benetzung eine eigentliche Aufnahme von Wasser sich ereignet [1]). Die im ganzen Körper stattfindende Endosmose wirkt also der Verdunstung kräftigst entgegen.

Wasser, das Kohlensäure verschluckt, nimmt nach Henry einen höheren Wärmegrad an [2]).

Und zu allen diesen Quellen der Wärme, deren Eigenthümlichkeit auf chemische Verbindung zurückgeführt werden kann, wenn man diese mit Liebig in weiterem Sinne auffaßt [3]), kommt noch eine andere, die freilich erst an Einem Beispiel mit Sicherheit erkannt ist, die aber offenbar bei größerer Allgemeinheit zu den wichtigsten Ursachen der Eigenwärme zu zählen wäre. Ich meine die chemische Zersetzung.

Favre und Silbermann haben nämlich die wichtige Entdeckung gemacht, daß durch die Verbrennung von Kohle in Stickstoffoxydulgas eine größere Wärmemenge erzeugt wird als wenn ein gleiches Gewicht der Kohle in Sauerstoff verbrennt. Demnach ist, wenn Kohle in Stickstofforydul verbrennt, nicht nur die Verbindung des Sauerstoffs mit dem Kohlenstoff, sondern auch die Zersetzung des Stickstofforyduls eine Quelle der Wärme.

Denke man sich, daß ein Theil des Kohlenstoffs des Natronalbuminats im Thierkörper zu Kohlensäure verbrennt, so wird Wärme erzeugt. Die Kohlensäure verbindet sich mit dem Natron, und hierin

---

1) Vgl. A. Baumgärtner's Naturlehre, 8. Auflage, Wien, 1845, S. 737.

2) Nasse, a. a. O. S. 51.

3) Vgl. Liebig's vortreffliche Auseinandersetzung in seinen Untersuchungen über einige Ursachen der Säftebewegung u. s. w. S. 21 und folg.

ist eine neue Wärmequelle gegeben. Allein zugleich verbrennt der Phosphor eines Eiweißkörpers oder eines phosphorhaltigen Fetts zu Phosphorsäure. Die Phosphorsäure zerlegt das kohlensaure Natron, die Kohlensäure wird vom Wasser des Nahrungssafts oder des Bluts aufgenommen. Das phosphorsaure Natron ist ein basisches Salz. Es wird gewöhnliches phosphorsaures Natron im Thierkörper gebildet. Indem das phosphorsaure Natron im Blut die Hülle der Blutkörperchen endosmotisch durchdringt, tritt Wasser aus den Blutkörperchen in die Blutflüssigkeit, ein Theil dieses Wassers durchdringt die Wand der Haargefäße und benetzt die Formbestandtheile der Gewebe.

Und alle diese Vorgänge sind Quellen der Wärme. Es ist also nicht bloß die Verbrennung, nein es sind die immer kreisenden Verbindungen und Zersetzungen überhaupt, die zahllosen endosmotischen Vorgänge, mit Einem Worte es ist der Stoffwechsel, welcher die Eigenwärme in Pflanzen und Thieren unterhält.

Freilich bleibt die Aufnahme des Sauerstoffs unter allen Vorgängen des Stoffwechsels unangefochten die wichtigste Erzeugerin von Wärme, zumal in den Thieren. Und dadurch erklärt es sich, daß man bis in die neueste Zeit sich vielfach bemühte, die Wärme, welche der Körper wirklich erzeugt, mit derjenigen, die aus den im Körper stattfindenden Verbrennungen hervorgehen muß, in Einklang zu bringen.

Aber alle diese Versuche sind fruchtlos. Ich will nicht wiederholen, daß die Verbrennung eben nicht der einzige chemische Vorgang ist, der im Körper Wärme erzeugt, nicht hervorheben, daß wir die Wärme, die durch Ausstrahlung und Verdunstung, durch Luftwechsel und durch Auflösung in den Körper eingeführter Nahrungsstoffe verloren und gebunden wird, nicht so genau berechnen können, daß wir zu bestimmen im Stande wären, wie viel Wärme von organischen Wesen wirklich erzeugt wird. Ich will vielmehr für einen Augenblick die unrichtige Annahme setzen, die Eigenwärme, in dem oben beschriebenen Sinne, sei wirklich bekannt.

Selbst dann müßte ich wiederholen: alle Versuche durch Rechnung die Eigenwärme des Körpers mit der Verbrennungswärme in Uebereinstimmung zu bringen, sind fruchtlos. Man kann es heutzutage sagen, ohne der Achtung, welche die in der Wärmelehre ehrwürdig gewordenen Versuche von Dulong und von Despretz verdienen, Abbruch zu thun. Diesen mühevollen Arbeiten bleibt das geschichtliche Verdienst gesichert, daß sie zuerst gezeigt haben, wie bei der Annahme,

daß aller Sauerstoff, den der Thierkörper einathmet, zur Bildung von Kohlensäure und Wasser verwendet würde, die Verbrennungswärme $^7/_{10}$ bis $^9/_{10}$ der Eigenwärme deckt. Dieses überraschend günstige Ergebniß hat den großen Nutzen gehabt, daß es Physiker, Chemiker und Physiologen von dem chemischen Ursprung der thierischen Wärme überzeugte.

Ihre geschichtliche Rolle haben die Versuche von Dulong und von Despretz erfüllt. Für uns gilt es jetzt einzusehen, daß einer Berechnung der im Körper gebildeten Verbrennungswärme eine sichere Grundlage ebenso gut fehlt wie der Bestimmung der wahren Eigenwärme. Nicht einmal für die Verbrennung der Grundstoffe hat sich die Welter'sche Annahme bestätigt, daß die durch Verbrennung entstehende Wärme zu der Menge des verbrauchten Sauerstoffs in geradem Verhältniß stehe [1]). Und doch hat man diese Welter'sche Annahme als Gesetz auf den Thierkörper übertragen, ohne sich auch nur die Frage vorzulegen, was denn im Thierkörper in Wirklichkeit verbrannt wird.

Kohlenstoff und Wasserstoff gewiß nicht, wenn gleich Kohlensäure und Wasser zu den Enderzeugnissen der Verbrennung gehören. Wenn aus Eiweiß der Stoff der elastischen Fasern oder der leimgebenden Gebilde hervorgeht, so ist das eine Verbrennung. Wenn sich Oelstoff oder Perlmutterfett in flüchtige Fettsäuren verwandeln, wenn die stickstoffhaltigen Gewebebildner in Kreatin, in Harnsäure und Harnstoff, die flüchtigen Fettsäuren in Kohlensäure und Wasser, ein Theil des Schwefels und des Phosphors der Eiweißkörper und der Hirnfette in Schwefelsäure und in Phosphorsäure übergehen, so geschieht das Alles nur unter Aufnahme von Sauerstoff.

Es ist aber durch bestimmte Untersuchungen erwiesen, daß die Wärmemenge, welche durch Verbrennung zusammengesetzter organischer Stoffe erzeugt wird, der Wärmemenge nicht entspricht, welche durch Verbrennung der in denselben enthaltenen Kohlenstoff- und Wasserstoff-Aequivalente entstehen würde, selbst dann nicht, wenn die organischen Körper weder Stickstoff, noch Schwefel enthielten. Die Versuche von Favre und Silbermann haben nämlich gezeigt, daß das Sumpf-

1) Vgl. Donders a. a. O. S. 56.

gas, Terpenthinöl, Citronenöl, mehre Alkohol- und Aether-Arten bei der Verbrennung weniger Wärme entwickeln, als aus der Berechnung ihrer Kohlenstoff- und Wasserstoff-Aequivalente abgeleitet werden müßte, wenn man in den sauerstoffhaltigen für je 1 Aeq. Sauerstoff 1 Aeq. Wasserstoff außer Rechnung läßt.

Aus dieser Thatsache und aus der allmäligen Oxydation, welche die Blutbestandtheile und die Gewebebildner im Thierkörper erleiden, geht also aufs Schlagendste hervor, daß man einer ganz falschen Voraussetzung Raum geben würde, wenn man aus der durch Verbrennung gebildeten Menge von Kohlensäure und Wasser die erzeugte Wärme berechnen wollte.

Und dennoch steht es fest, nur in den chemischen Umwandlungen, die der Körper von Pflanzen und Thieren beständig erleidet, nur in dem rastlosen Stoffwechsel ist die Quelle der Eigenwärme zu suchen. Und nur weil das Leben Stoffwechsel ist, ist Wärme eine Folge und zugleich ein Maaß des Lebens.

Sechstes Buch.

Das Zerfallen der organiſchen Stoffe nach dem Tode.

Sechstes Buch.

Das Zerfallen der organiſchen Stoffe nach dem Tode.

Kap. I.

Von den Vorgängen des Zerfallens im Allgemeinen.

§. 1.

Als eins der weſentlichſten Merkmale organiſcher Materie habe ich bereits in der Einleitung die außerordentliche Leichtigkeit hervorgehoben, mit welcher der Zuſtand des Gleichgewichts der Molecüle geſtört wird

So wie die Vereinigung von Umſtänden, oder um es zugleich kürzer und ſchärfer zu ſagen, ſo wie der Zuſtand aufhört, der das Leben bedingt, giebt ſich die Beweglichkeit der Molecüle in einer anderen Richtung kund als während des Lebens. Der Wärmegrad der umgebenden Luft oder des Waſſers, die größere oder geringere Feuchtigkeit, der Luftdruck, die mechaniſche Bewegung und hundert andere Umſtände, die noch zu erforſchen ſind, geben dem Spiel der Verwandtſchaftskräfte zum Theil andere Ausgänge als wir bisher im lebenden Leib von Pflanzen und Thieren kennen lernten.

Je zuſammengeſetzter die Materie iſt, deſto größer iſt die Beweglichkeit ihrer Molecüle, während des Lebens ſowohl wie nach dem Tode.

Wenn die organischen Stoffe nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen, dann äußert sich, bei gewöhnlichen Wärmegraden und bei feuchtem Zustande des betreffenden Körpers, die Anziehung des Sauerstoffs der Luft auf den Wasserstoff der organischen Materie, und der Kohlenstoff dieser letzteren verbindet sich mit ihrem eigenen Sauerstoff.

Fehlt aber der Sauerstoff in dem organischen Körper, hat man es mit einem Kohlenwasserstoff zu thun, und kann zu diesem nur so viel Sauerstoff der Luft hinzutreten, als die Oxydation des Wasserstoffs erfordert, dann findet nur eine einfache Wasserbildung statt, der Kohlenstoff wird als Kienruß abgeschieden. Trat noch weniger Sauerstoff hinzu, als der Wasserstoff zur Wasserbildung brauchte, dann wird nur ein Theil des Wasserstoffs zu Wasser verbrannt, ein anderer verbindet sich mit Kohlenstoff zu einem kohlenstoffreichen Kohlenwasserstoff. Auf diese Weise entstehen Naphthalin ($C^{20}H^8$) und ähnliche Körper.

Denken wir uns den umgekehrten Fall, der organische Körper enthalte außer Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff auch noch Stickstoff. Dann sind unabhängig von dem Sauerstoff der Luft zwei Verwandtschaften thätig, die des Stickstoffs zum Wasserstoff und die des Kohlenstoffs zum Sauerstoff. Und auch hier wird ein Ueberschuß von Wasserstoff durch den Sauerstoff der Luft verbrannt. Es vermehren sich die Richtungen, in welchen Spaltung erfolgt, mit der Zahl der Elemente.

Treten zu dem Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff noch Schwefel und Phosphor, dann äußert das Ammoniak, das aus dem Stickstoff und Wasserstoff entstand, seine Anziehungskraft für den Schwefel, der überschüssige Wasserstoff verbindet sich mit dem Phosphor zu Phosphorwasserstoff.

Es entsteht eine wühlende Thätigkeit der Elemente, deren Macht zunimmt mit der Vermehrung der Grundstoffe, nicht in einfachem, geradem Verhältnisse, nein im Quadrat, vielleicht in der Kubikzahl und höher.

Wärme ist ein Zustand der Materie, der die chemischen Eigenschaften steigert zu Verbindungen und Zersetzungen, oft in umgekehrter Richtung, als diese in anderen Zuständen, bei niederen Wärmegraden erfolgen. In hoher Wärme vermag der Kohlenstoff Wasser zu zersetzen, die Verwandtschaft des Kohlenstoffs übertrifft die des

Waſſerſtoffs zum Sauerſtoff, während bei gewöhnlichen Wärmegraden das Gegentheil ſtattfindet.

Darum zerfällt die organiſche Materie um ſo raſcher, wenn ſie bei hohem Miſchungsgewicht und großer Anzahl der Grundſtoffe in den Zuſtand erhöhter Wärme übergeführt wird. Und rückwärts erzeugen Verbindung und Zerſetzung Wärme. Zahlloſe Bedingungen, Wirkungen und Gegenwirkungen ſetzen die locker zuſammenhängenden Molecüle in Bewegung [1]).

§. 2.

Es iſt aber nicht bloß die Anzahl der Elemente in einem einzelnen organiſchen Stoffe, welche die Beweglichkeit der Molecüle erhöht. Viel ſchleuniger zerfällt die Materie, wenn verſchiedene organiſche Körper von hoher Zuſammenſetzung bei geeigneten Wärmegraden, bei Anweſenheit von Luft und Waſſer auf einander einwirken.

Daß Bewegung Bewegung erweckt, iſt einer der einfachſten Grundſätze der Mechanik. Aber es iſt Liebig's Verdienſt, dieſen Satz in ſeiner ganzen Fruchtbarkeit auf die Zerſetzung der organiſchen Materie angewandt zu haben. Es war gewiß nicht zufällig, daß derſelbe Mann, der ſeine Laufbahn mit der Geſchichte der Fulminate eröffnete, den weitreichenden Einfluß der Bewegung auch für die organiſche Materie zuerſt erkannte.

Jodſtickſtoff zerfällt mit einem bedeutenden Knalle, ſowie er mit einem feſten Körper berührt wird. Dieſer und hundert andere Fälle [2]) beweiſen, daß nicht ſelten eine einfache mechaniſche Erſchütterung hinreicht, um eine Bewegung in den Molecülen hervorzurufen, die den Gleichgewichtszuſtand einer chemiſchen Verbindung aufhebt.

Was die mechaniſche Bewegung erzielt, das leiſtet in höherem Grade die Molecularbewegung, welche chemiſche Zerſetzungen bedingt.

---

1) Vgl. den klaſſiſchen zweiten Theil von Liebig's Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Phyſiologie, vielleicht das Fruchtbarſte und Anregendſte was aus Liebig's Feder gefloſſen iſt.

2) Vgl. Liebig, die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Phyſiologie, ſechſte Auflage, Braunſchweig 1846, S. 374—382.

Sehr häufig ſieht man einen organiſchen Körper, der ſelbſt in Zerſetzung begriffen iſt, die Bewegung ſeiner Molecüle an einen anderen Körper übertragen. Geſchieht dies, ohne daß die Erzeugniſſe der Zerſetzung des einen Körpers ſich mit denen des anderen verbinden, äußert der urſprünglich in Zerſetzung begriffene Körper nach Liebig's treffendem Ausdruck „eine Thätigkeit, die ſich über die Sphäre ſeiner eigenen Anziehungen hinaus erſtreckt," dann nennt man den Vorgang Gährung (Liebig). Der Stoff, der die Gährung erlitten hat, zerfällt in zwei oder mehre andere Körper, deren Summe dem urſprünglichen Stoffe bald völlig gleich iſt, bald denſelben nur um die Elemente des Waſſers übertrifft. Zwiſchen dieſen Erzeugniſſen der Gährung und jenen Zerſetzungsprodukten des die Gährung erregenden Körpers, den man Hefe nennt, findet keinerlei Austauſch ſtatt. Darin ruht das eigentliche Weſen der Gährung.

Es liegt aber ſehr nahe zu erwarten, daß nicht immer die Umwandlungen in dieſer gleichgültigen Weiſe neben einander verlaufen. Wenn die Erzeugniſſe desjenigen Körpers, der ſeine Bewegung auf den anderen überträgt, mit den Zerſetzungsprodukten dieſes letzteren in Wechſelverbindung treten, ſo daß die Summe der neuen Stoffe nur auf die beiden ſich umwandelnden Körper zuſammen, mit oder ohne die Elemente des Waſſers, zurückgeführt werden kann, dann nennt man den Vorgang Fäulniß (Liebig).

Will man die Fäulniß mit der Gährung vergleichen, ſo iſt die Fäulniß eine Gährung, bei welcher die Hefe und das Gährungsmaterial zuſammen aufgehen in die durch Kreuzung der Zerſetzungsprodukte entſtandenen Stoffe.

Eine dritte Reihe von Umwandlungen unterſcheidet ſich von der Gährung und Fäulniß weſentlich dadurch, daß die Erzeugniſſe der Zerſetzung nicht bloß die Elemente des Gährungsmaterials oder von dieſem und der Hefe bald mit, bald ohne Waſſer enthalten, ſondern außerdem den Sauerſtoff der Luft. Nur dieſe Vorgänge bezeichnet man nach Liebig mit dem Namen Verweſung. Die Verweſung beſteht in einer langſamen Verbrennung feuchter Materien bei ungehindertem Zutritt der Luft und geeigneter Wärme.

Alle Verhältniſſe, welche den Zutritt der Luft erſchweren, die Bedeckung mit einer hohen Waſſerſäule, mit einer mächtigen Erdſchichte beeinträchtigen die Verweſung. Erreicht die Verhinderung des Luftzutritts einen höheren Grad, dann unterſcheidet man die noch

mehr verlangsamte Verbrennung als Vermoderung von der Verwesung (Liebig).

In diesen Unterscheidungen sind wesentliche Merkmale zum Eintheilungsgrund erhoben, und es ist als ein wichtiges Verdienst Liebig's zu bezeichnen, daß er Worten wie Fäulniß, Verwesung, Vermoderung, die in der Wissenschaft, wie im täglichen Leben ganz willkürlich durch einander gebraucht wurden, zuerst eine scharfe Bedeutung unterlegte. Die Gase, die man sonst für die Gährung, der üble Geruch, den man für die Fäulniß in Anspruch nahm, haben, wenn sie gleich sehr häufig vorhanden sind, mit dem Wesen der Gährung oder der Fäulniß nichts zu thun.

§. 3.

Der eiweißartige Körper, der im Traubensaft und in anderen Säften, welche Traubenzucker enthalten, niemals fehlt, erleidet bei einer mäßig erhöhten Wärme eine Umsetzung, eine Bewegung seiner Molecüle, die sich „über die Sphäre seiner Anziehungen hinaus" auf den Zucker überträgt. Es entsteht Gährung.

Für diese Gährung an und für sich ist es ziemlich gleichgültig, in welche Bestandtheile der eiweißartige Körper, die Hefe, zerfällt. Denn die Produkte des Eiweißkörpers verbinden sich nicht mit den Erzeugnissen des Zuckers. Der Zucker zerfällt in Alkohol und Kohlensäure, ohne nur ein einziges Aequivalent eines fremden Grundstoffs von außen aufzunehmen:

Traubenzucker		Alkohol		Kohlensäure
$C^{12} H^{12} O^{12}$	=	$2 C^4 H^6 O^2$	+	$4 CO^2$.

Man hat darauf aufmerksam gemacht, daß, wenn die bloße Beweglichkeit und Bewegung der Molecüle der Hefe die Gährung bewirkte, nicht einzusehen wäre, warum nicht jede in Zersetzung begriffene organische Materie jede Gährung zu erzeugen vermag, warum der Mandelstoff die Mandelhefe, der Senfstoff die Senfhefe erfordere u. s. f. Man hat dabei übersehen, daß allerdings in der Mehrzahl der Fälle verschiedene Gährungserreger einander vertreten können. Wir wissen zwar, daß die Mandelhefe leichter als Weinhefe auf Mandelstoff die Bewegung ihrer Molecüle überträgt, so wie umgekehrt der Zucker durch Weinhefe leichter als durch Mandelhefe in

Gährung verſetzt wird. Wir wiſſen aber zugleich, daß Weinhefe und Mandelhefe beide im Stande ſind, Zucker und Mandelſtoff und Harnſtoff zu zerſetzen [1]). Ebenſo weiß man, daß jeder faulende Eiweißkörper, Kleber, Pflanzenleim, Erbſenſtoff, Käſeſtoff, Fleiſch, Blut, Hauſenblaſe im Zucker Gährung erzeugen [2]).

Andererſeits hat man Liebig mißverſtanden, wenn man ihm die Meinung zuſchrieb, als ſei die Art der Molecularbewegung, alſo die Art der Hefe in allen Fällen gleichgültig. „Wir wiſſen," heißt es bei Liebig [3]), „daß der nämliche Zucker durch andere Materien, deren „Zuſtand der Zerſetzung ein anderer iſt, als z. B. der, worin ſich die „Theilchen der Hefe befinden, durch Lab oder durch die faulenden Be„ſtandtheile von Pflanzenſäften, durch Mittheilung alſo einer verſchie„denen Bewegung, daß ſeine Elemente ſich alsdann zu anderen Pro„dukten umſetzen; wir erhalten keinen Alkohol und keine Kohlenſäure, „ſondern Milchſäure, Mannit und Gummi, oder Butterſäure." Ferner hat Liebig ausdrücklich daran erinnert, daß der Saft von Möhren, Runkelrüben, Zwiebeln, wenn er bei gewöhnlichen Wärmegraden mit Bierhefe zuſammengebracht wird, die weinige, wenn er dagegen bei einer Wärme von 35—40° ſich ſelbſt überlaſſen wird, die ſchleimige Gährung, im letzteren Falle richtiger Fäulniß erleidet. Es unterliegt mithin keinem Zweifel, daß verſchiedene Hefen oder, was daſſelbe iſt, verſchiedene Molecularbewegungen der Gährung eines Körpers verſchiedene Richtungen ertheilen.

Schwieriger zu beſeitigen iſt der Einwurf, daß in manchen Fällen der Gährung ähnliche Zerſetzungen durch Stoffe hervorgerufen werden, die ſich ſelbſt bei dem Vorgang durchaus nicht verändern, ſo wenn Waſſerſtoffhyperoxyd durch Platin zerſetzt, wenn Stärkmehl durch Schwefelſäure in Dextrin und Zucker verwandelt wird. Freilich paßt die Erklärung der Molecularbewegung für dieſe Fälle nicht. Allein wir beſitzen für dieſelben keine andere Erklärung, welche der Annahme einer Molecularbewegung Abbruch thun könnte. Mir ſcheint gegen eine Erklärung, die über ſo viele Erſcheinungen Licht ver-

1) Vgl. C. Schmidt, in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXI, S. 174.

2) Liebig, a. a. O. S. 406.

3) Liebig, a. a. O. S. 501.

breitet, darin kein Hinderniß zu liegen, daß es ähnliche Erscheinungen giebt, in denen andere unbekannte Bedingungen wirken müssen. Ich halte dafür, daß man besser thäte, die Erscheinungen der letzteren Art von der Gährung zu trennen. Von Wasserstoffhyperoxyd weiß Jedermann, wie leicht es sich zersetzt. Und ob die Umwandlung von Stärkmehl in Dextrin und die nachherige Aufnahme von Wasser bei der Zuckerbildung, mit Einem Worte ob eine bloße Umlagerung der Molecüle ohne Spaltung den Gährungen beizuzählen ist, dürfte billig zweifelhaft erscheinen, obgleich ich wohl weiß, daß Liebig selbst ähnliche Fälle, z. B. die Umsetzung von Milchzucker in Milchsäure [1]), hierher gerechnet hat. Und doch wird hier wenigstens 1 Aeq. Milchzucker in 2 Aeq. Milchsäurehydrat gespalten, abgesehen davon, daß man die Bildung von $C^6 H^5 O^5 + HO$, Milchsäure — Hydrat, selbst als eine Spaltung betrachten könnte. Sei dem wie ihm wolle, immerhin bleibt es sehr beachtenswerth, daß die Umsetzung des Stärkmehls in Dextrin und Zucker durch organische Stoffe, die in Zersetzung begriffen sind, durch Gerstenhefe, Speichel, Bauchspeichel, viel rascher erfolgt, als durch Schwefelsäure.

Die Pilze, die oft bei der Gährung entstehen und von Schwann und Anderen als eigentliche Gährungserreger betrachtet werden, sind zur Gährung durchaus nicht erforderlich. Daß aber das Wachsthum der Hefenzellen eine Molecularbewegung einschließt, also in einigen Fällen im Stande sein wird, Gährungserscheinungen eine bestimmte Richtung zu ertheilen, läßt sich gewiß nicht bezweifeln. Lüdersdorff und Schmidt haben durch Versuche gezeigt, daß zermalmte Hefenzellen Zucker in Milchsäure verwandeln, während sie im unzermalmten Zustande weinige Gährung einleiten. Schmidt hat aber zugleich nachgewiesen, daß diese veränderte Wirkung nicht etwa von einem „katalytischen" Einfluß der lebenden Zelle, sondern von einer chemisch verschiedenen Umsetzung bedingt wird. Um 1 Gramm Hefe zu zermalmen, brauchte Schmidt sechs Stunden, und eine reichliche Ammoniakentwicklung lehrte, daß die Zermalmung von einer bedeutenden Zersetzung begleitet war [2]).

---

1) Vgl. Liebig, a. a. O. S. 518.

2) Vgl. C. Schmidt, in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXI, S. 171—174.

Wenn alſo in dieſem Falle der Stoffumſatz, der das Leben der Hefenzelle bedingte, Gährung erzeugte, ſo iſt es andererſeits nicht minder wichtig, daß Pilze, die bei der Harnſtoffgährung entſtanden ſind, in Zuckerwaſſer fortwuchern können, ohne die geringſte Gährungserſcheinung zu veranlaſſen (Schmidt).

Ich habe ſchon oben angedeutet, daß die ſogenannte ſchleimige Gährung, die im Saft von Mohrrüben bei einer Wärme von 35—40° vor ſich geht, richtiger als Fäulniß bezeichnet wird. Es entſtehen bei dieſer Umſetzung Milchſäure, Mannit, ein dem Gummi ähnlicher, ſchleimiger Körper, Ammoniak und andere Stoffe. Allein die Milchſäure, der Mannit und der ſchleimige Körper wiegen zuſammen mehr als der Zucker, der urſprünglich im Saft enthalten war. Eiweiß oder andere Stoffe des Saftes müßen ſich demnach an der Zerſetzung betheiligt haben.

„Dieſes Ineinandergreifen von zwei und mehren Metamorpho„ſen iſt es, was wir die eigentliche Fäulniß nennen“ (Liebig)[1].

Bei der Fäulniß können außer dem Waſſer auch andere anorganiſche Stoffe mitwirken. Eins der wichtigſten hierher gehörigen Beiſpiele iſt die Reduction ſchwefelſaurer Salze durch faulendes Holz. Der Kohlenſtoff des faulenden Holzes verbindet ſich mit dem Sauerſtoff der Schwefelſäure, der Waſſerſtoff mit dem Schwefel. Durch den Schwefelwaſſerſtoff werden die Metalloxyde des Waſſers zerlegt. Daher der Schwefelkies an faulenden Wurzeln in ſtehenden Gewäſſern.

Die Verweſung iſt eine langſame Verbrennung. Weil dieſe jedoch in ſtetem Fortſchritt begriffen iſt, ſind Kohlenſäure, Waſſer (und Ammoniak) gewöhnlich die Enderzeugniſſe der Verweſung. Der Sauerſtoff der Luft wirft ſich zuerſt auf den Waſſerſtoff der organiſchen Verbindung; ſo wenn Alkohol in Aldehyd verwandelt wird:

Alkohol Aldehyd.

$$C^4\,H^6\,O^2 + O^2 = C^4\,H^4\,O^2 + 2\,HO.$$

Nimmt der Adelhyd zwei fernere Aequivalente Sauerſtoff auf, dann entſteht die Eſſigſäure:

Aldehyd Eſſigſäure

$$C^4\,H^4\,O^2 + O^2 = C^4\,H^3\,O^3 + HO.$$

Durch Oxydation von Eſſigſäure entſteht Ameiſenſäure, aus der

1) Liebig, a. a. O. S. 402, 403.

Ameiſenſäure Kleeſäure, aus der Kleeſäure Kohlenſäure, in Folge immer weiter ſchreitender Verweſung:

Eſſigſäure Ameiſenſäure.
$C^4 H^3 O^3 + O^4 = 2 C^2 HO^3 + HO.$

Ameiſenſäure Kleeſäure.
$C^2 HO^3 + O = C^2 O^3 + HO.$

Kleeſäure Kohlenſäure
$C^2 O^3 + O = 2 CO^2.$

Eine der langſamſten Verweſungen, alſo ein ausgezeichnetes Beiſpiel der Vermoderung iſt in der Bildung des weißen faulen Holzes im Inneren abgeſtorbener Baumſtämme gegeben. Analyſen dieſes Holzes, die jedoch nur zu empiriſchen Formeln führen konnten, haben gelehrt, daß Eichenholz z. B. durch Aufnahme von Waſſer und wenig Sauerſtoff in Kohlenſäure und in das morſche, vermoderte Holz zerfällt (Liebig). In ihrem Weſen iſt die Vermoderung von der Verweſung nicht verſchieden.

So iſt durch den Gedankenreichthum Liebig's in die Auffaſſung des Zerfallens der organiſchen Materie eine Einheit gekommen, die immer ſchöner beleuchtet wird durch die einzelnen Unterſuchungen, welche dieſer Forſcher hervorlockte und leitete. Den Ergebniſſen dieſer Unterſuchungen ſind die beiden folgenden Kapitel gewidmet. Ich trenne hierbei die organiſchen Stoffe nur in ſtickſtoffhaltige und ſtickſtofffreie, weil die Eintheilung jener in eiweißartige Körper und deren Abkömmlinge, dieſer in Fettbildner und Fette für die hier vorliegende Betrachtung von untergeordneter Wichtigkeit iſt.

Kap. II.

Das Zerfallen der eiweißartigen Körper und ihrer Abkömmlinge.

§. 1.

Als ein Hauptgrund des lockeren Zusammenhangs der Elemente, die zu stickstoffhaltigen organischen Körpern verbunden sind, wurde im vorigen Kapitel die Verwandtschaft des Wasserstoffs zum Stickstoff und die des Kohlenstoffs zum Sauerstoff der Eiweißkörper und ihrer Abkömmlinge bezeichnet.

Bevor aber diese Verwandtschaft durch die Bildung von Ammoniak und Kohlensäure die stickstoffhaltige Materie dem Endziel des Zerfallens zuführt, treten eine Anzahl von Zwischenstoffen auf, von denen die einen den Stickstoff der organischen Körper enthalten, die anderen nicht.

Schon frühe hatte Braconnot als ein stickstoffhaltiges Erzeugniß faulender Eiweißkörper das Aposepedin kennen gelehrt. Durch Mulder's gründliche und umfassende Untersuchungen über die Eiweißkörper, deren Werth, wie öfters hervorgehoben wurde, durchaus unabhängig ist von der Auffassung der Constitution jener zusammengesetzten Materien, ist es erwiesen, daß Braconnot's Aposepedin ein Gemenge ist, in welchem ein in glänzend weißen Blättchen krystallisirender indifferenter Körper, das Leucin, die Hauptmasse bildet.

Für das Leucin hat Mulder früher die Formel $NC^{12}H^{12}O^4$ aufgestellt, und er bleibt bei dieser Formel auch noch jetzt, nachdem Gerhardt und Laurent einerseits, und andererseits Strecker durch ihre Analysen zum Ausdruck $NC^{12}H^{13}O^4$ geleitet wurden [1].

---

1) Vgl. Strecker in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXXII, S. 91.

Das Leucin löst sich in heißem Wasser und in heißem Alkohol, nicht leicht dagegen in kaltem Wasser, noch weniger in kaltem Alkohol und gar nicht in Aether. Aus der wässerigen Lösung wird Leucin nur durch salpetersaures Quecksilberoxydul gefällt. In starker Salzsäure, Schwefelsäure und in kalter Salpetersäure wird es unverändert aufgelöst, während es beim Kochen mit der letztgenannten Säure in lauter gasförmige Körper zerfällt.

Ammoniak löst das Leucin leichter auf als Wasser. Für unseren Zweck ist jedoch die Zersetzung am wichtigsten, die es beim Schmelzen mit Kalihydrat erleidet. F. Bopp, der ein Opfer edler Begeisterung im Jahre 1849 zu früh dahinschied, hat nämlich gezeigt, daß bei dieser Behandlung das Leucin in Baldriansäure, Ammoniak, Kohlensäure und Wasserstoff zerfällt:

Leucin

$$NC^{12}H^{13}O^4+3KO+3HO=NH^3+(KO+C^{10}H^9O^3)+2(KO+CO^2)+H^4.$$

Neben dem Leucin entsteht bei der Fäulniß ein anderer stickstoffhaltiger Körper, das Tyrosin [1]), welches nach Liebig's Analyse durch die Formel $NC^{16}H^9O^5$ bezeichnet wurde, während Hinterberger später den Ausdruck $NC^{18}H^{11}O^6$ aufstellte [2]).

Das Tyrosin krystallisirt in seidenglänzenden, blendend weißen Nadeln, die sich in Wasser nur sehr wenig, in Alkohol und Aether gar nicht, leicht dagegen in Alkalien lösen.

Mit Säuren läßt sich das Tyrosin zu Salzen verbinden, mit Essigsäure jedoch nicht.

Leucin und Tyrosin lassen sich neben einander aus eiweißartigen Körpern gewinnen, wenn man dieselben mit Kalihydrat schmelzt. Man erwärmt die Masse so lange, bis sich neben dem Ammoniak auch Wasserstoff entwickelt, und löst darauf das Gemenge in heißem Wasser auf. Sättigt man das Alkali mit Essigsäure, dann wird das Tyrosin in Nadeln ausgeschieden, die man durch wiederholte Auflösung in verdünntem Kali und Ausfällung durch Essigsäure reinigt.

---

1) Lehmann, a. a. O. Bd. I, S. 147. Bopp hatte es bei der Fäulniß der Eiweißkörper nicht gefunden. Vgl. Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXIX, S. 36.

2) Hinterberger in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXXI, S. 74.

Aus der Mutterlauge, die das Tyrosin geliefert hat, kryſtalliſirt das Leucin heraus, das zur vollſtändigen Reinigung nur aus heißem Alkohol umkryſtalliſirt zu werden braucht (Liebig und Bopp [1]).

Das Leucin entſteht nicht bloß durch Fäulniß der eiweißartigen Körper, ſondern auch aus den leimgebenden Gebilden und aus Horn, Tyrosin aus Horn und aus eiweißartigen Stoffen, dagegen nicht aus Leim.

Es verdient Beachtung, daß, wie Hinterberger nachgewieſen hat [2]), die Eiweißkörper viel mehr Leucin als Tyrosin geben, das Horn dagegen umgekehrt weit mehr Tyrosin als Leucin.

Hinterberger konnte Tyrosin und Leucin auch gewinnen, indem er Horn mit Schwefelſäure kochte, und zwar nahm die Menge dieſer beiden Körper bis zu einer gewiſſen Grenze um ſo mehr zu, je länger das Kochen fortgeſetzt wurde [3]).

Beim Schmelzen der Eiweißkörper mit Kali entſteht das Tyrosin ſpäter als das Leucin. Es wird dadurch nicht unwahrſcheinlich, daß das Tyrosin erſt als Oxydationsprodukt des Leucins auftritt, um ſo mehr, wenn man bedenkt, daß die Horngebilde, welche die Eiweißkörper durch ihren Sauerſtoffgehalt übertreffen, mehr Tyrosin als Leucin liefern. Hinterberger erhielt aus einem Pfund Horn 5 Grm. lufttrocknes, reines Tyrosin. Demnach wäre bei der Bildung von Tyrosin aus zerfallenden Eiweißkörpern eine Verweſung mit der Fäuluiß verbunden.

Eine dritte Uebergangsſtufe der ſtickſtoffhaltigen Körper zu Ammoniak, Kohlenſäure und Waſſer iſt der ſchon früher (S. 433, 434) beſchriebene Leimzucker, der nicht bloß durch die Fäulniß der Knochenleim gebenden Gebilde, ſondern ebenſo bei der Gährung der Cholſäure und der Hippurſäure entſteht. Der Leimzucker, $NC^4 H^5 O^4$, enthält mehr Sauerſtoff als Leucin oder Tyrosin, und inſofern iſt es bemerkenswerth, daß er aus eiweißartigen Stoffen nicht entſteht, wohl aber aus dem ſauerſtoffreicheren Knochenleim.

In dem Leucin, dem Tyrosin, dem Leimzucker, wie ſie bei der

---

1) Vgl. Bopp in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXIX, S. 20 und folg.

2) Hinterberger in derſelben Zeitſchrift Bd. LXXI, S. 77.

3) A. a. O. S. 76.

Fäulniß oder Gährung gewonnen werden, ist nicht aller Stickstoff der betreffenden Eiweißkörper, des Leims, der Gallensäure und der Pferdeharnsäure vorhanden. Es wird nämlich immer nebenher Ammoniak gefunden. Und wenn man sich erinnert, daß die Eiweißstoffe, wenn sie in mäßig verdünnter Kalilauge gelöst werden, immer etwas Ammoniak entwickeln, so wird es nicht unwahrscheinlich, daß ein Theil des Stickstoffs unmittelbar in dieser Form abgeschieden wird.

Leucin, Tyrosin, Leimzucker zerfallen aber selbst bei der Fäulniß nach und nach in Ammoniak und andere Stoffe. Stenhouse glaubt aus dem Einfluß der trocknen Destillation, der Säuren und Alkalien auf stickstoffhaltige thierische und pflanzliche Stoffe schließen zu dürfen, daß in allen Fällen, in welchen Ammoniak in größerer Menge aus thierischen oder pflanzlichen Stoffen entsteht, zugleich eine geringe Menge flüchtiger organischer Basen gebildet wird [1]). Ob diese Basen dem Anilin, $NC^{12}H^{7}$, dem mit Anilin isomeren Picolin, von denen jenes durch trockne Destillation des Knochenöls, dieses durch Destillation entfetteter Knochen von Anderson erhalten wurde, ob sie dem durch trockne Destillation leimgebender Gebilde entstehenden, äußerst flüchtigen Petinin, $NC^{8}H^{11}$, von Anderson entsprechen, das müssen künftige Untersuchungen entscheiden.

Mulder hat früher bei der Zersetzung der Eiweißkörper, die mit einem Ueberschuß von Aetzkali gekocht wurden, zwei extractähnliche, unkrystallisirbare, im Wasser lösliche Körper erhalten, das Erythroprotid, $NC^{13}H^{8}O^{5}$, und das Protid, $NC^{13}H^{9}O^{4}$. Dieses ist hellgelb und leicht in Alkohol löslich, jenes rothbraun und löst sich nur in siedendem Alkohol. Es scheinen diese Stoffe in neuerer Zeit in Vergessenheit zu gerathen, und doch wäre es ohne Zweifel wichtig zu wissen, ob dieselben vielleicht bei der Fäulniß oder bei der Verwesung der Eiweißkörper gebildet werden. Bopp hat unter den Erzeugnissen der Fäulniß eiweißartiger Stoffe einen Körper beobachtet, der mit Salpetersäure eine rosenrothe Farbe annimmt.

Indem die Fäulniß und Verwesung immer weiter fortschreiten, vermehrt sich auch beständig die Menge des Ammoniaks. Nur wenn das Wasser fehlt, entstehen statt des Ammoniaks Cyan und andere

1) Stenhouse in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXX, S. 216.

Stickstoffverbindungen[1]). Wenn Basen fehlen und der Luftzutritt ungehindert ist, dann entweicht neben dem Ammoniak nicht selten etwas freier Stickstoff.

Stickstoffhaltige Körper, die selbst an der Grenze der organischen Materie stehen, können bei der Gährung unmittelbar in Ammoniak und Kohlensäure zerfallen, so z. B. der Harnstoff:

Harnstoff — Kohlensaures Ammoniumoxyd.

$$N^2\ C^2\ H^4\ O^2 + 4\,HO = 2\,(NH^4\ O + CO^2).$$

Die Salpeterbildung durch Verwesung des Ammoniaks wurde bereits oben bei den Bestandtheilen der Ackererde besprochen. Ammoniak, Salpetersäure und freier Stickstoff sind die Enderzeugnisse, in welchen nach beendigter Fäulniß und Verwesung aller Stickstoff der organischen Körper enthalten ist.

§. 2.

In der Flüssigkeit, in welcher das Ammoniak als Endprodukt der Fäulniß stickstoffhaltiger Körper gelöst ist, findet sich dasselbe zu einem großen Theil an organische Säuren gebunden, die selbst durch die Zersetzung der Eiweißstoffe und anderer Verbindungen erzeugt wurden.

Zu diesen organischen Säuren gehört als eins der regelmäßigsten Erzeugnisse der Fäulniß die Milchsäure, sodann aber auch Essigsäure, Buttersäure und Valeriansäure. Ja bei der Verwesung der eiweißartigen Körper scheint die ganze Reihe der flüchtigen Säuren von der Zusammensetzung $C^n\ H^n\ O^4$, von der Ameisensäure bis zur Capronsäure entstehen zu können. Durch Oxydation mittelst Schwefelsäure und Braunstein erhielt Guckelberger aus thierischem Eiweiß, Faserstoff und Käsestoff die Aldehyde der Essigsäure und der Buttersäure, sodann Ameisensäure, Essigsäure, Metacetonsäure, Buttersäure, Valeriansäure und Capronsäure[2]). Keller gewann auf gleiche Weise

---

1) Vgl. Liebig, die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie, 6. Auflage S. 396.

2) Guckelberger in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXIV, S. 82.

alle diese Stoffe aus dem Kleber, nur daß er statt des Aldehyds der Buttersäure das der Valeriansäure und keine Capronsäure vorfand [1]).

Außer den genannten Säuren beobachteten Guckelberger und Keller das Auftreten von Bittermandelöl und Benzoësäure unter den Oxydationsprodukten der eiweißartigen Körper.

Es kann nach diesen Beobachtungen wohl keinem Zweifel unterliegen, daß die Ameisensäure, die Essigsäure, die Buttersäure, die Valeriansäure, die man so häufig unter den Zersetzungsprodukten stickstoffhaltiger Körper wahrnimmt, wenigstens zum Theil als Erzeugnisse einer allmäligen Verbrennung durch den Sauerstoff der Luft, also der Verwesung zu betrachten sind.

Andererseits lehrt die oben angegebene Zersetzung des Leucins in Ammoniak, Valeriansäure und Kohlensäure (S. 555), daß die Valeriansäure auch ohne Verwesung, durch bloße Gährung oder Fäulniß aus den eiweißartigen Körpern hervorgehen kann.

Die fortschreitende Verwesung muß alle diese Säuren nach und nach in Kohlensäure und Wasser überführen. Wenn man faulenden Kleber gehörig feucht hält, so tritt ein Zeitpunkt ein, in welchem die Flüssigkeit neben Leucin, einem durch Chlor gerinnenden organischen Körper und Schwefelammonium nur noch kohlensaures Ammoniumoxyd enthält [2]).

Vor Kurzem ist diese Umwandlung in Kohlensäure und Wasser unter dem Einfluß gährungerregender Stoffe von Buchner dem Jüngeren bei mehren organischen Säuren genauer untersucht. Buchner erinnert an die bekannte Thatsache, daß eine Lösung von essigsaurem Kali in einigen Monaten ganz in kohlensaures Kali und Wasser zerfällt. Setzt man zu den Lösungen der Alkalisalze von Citronensäure, Weinsäure, Bernsteinsäure, Essigsäure oder Kleesäure thierischen Schleim, faule Leber, Emulsin oder eine andere Hefe, dann erreicht jene Verwesung in wenigen Wochen ihr Endziel, am schnellsten für die beiden erstgenannten, weniger schnell für die beiden folgenden Säuren, am langsamsten für die Kleesäure. Die Citronensäure und die Weinsäure verwandeln sich erst in Essigsäure und Kohlensäure, die Aepfelsäure verwandelt sich in Bernsteinsäure (Dessaignes), Essigsäure und Kohlensäure

1) Keller in derselben Zeitschrift Bd. LXXII, S. 38.

2) Vgl. Liebig a. a. O. S. 410.

(Liebig) [1]), die Bernſteinſäure in Butterſäure und Eſſigſäure. Daher erklärt es ſich, daß die Aepfelſäure in einem beſtimmten Zeitpunkt ihrer Gährung auch Butterſäure liefern kann. Die Citronenſäure unterſcheidet ſich von der Aepfelſäure, indem ſie keine Bernſteinſäure giebt. Eſſigſäure iſt demnach eines der häufigſten Zwiſchenprodukte, welche das Zerfallen organiſcher Säuren in Kohlenſäure und Waſſer einleiten [2]).

Während faulende organiſche Stoffe im Stande ſind ſchwefelſaure Salze zu reduciren und dadurch ſelbſt nicht ſelten eine Entwicklung von Schwefelwaſſerſtoff bedingen, tragen die zerfallenden Eiweißkörper durch ihren Schwefelgehalt zu dieſem Schwefelwaſſerſtoff bei. Gewöhnlich wird erſt Schwefelammonium oder, wenn freies Alkali vorhanden iſt, Schwefelkalium gebildet. Die gleichzeitig entſtehenden organiſchen Säuren, Milchſäure, Eſſigſäure, treiben aus dieſen Verbindungen den Schwefel als Schwefelwaſſerſtoff aus. Bei gewöhnlichen Wärmegraden wird der Schwefelwaſſerſtoff an der Luft nicht oxydirt. Er läßt ſich jedoch entzünden und verbrennt dann zu ſchwefelichter Säure und Waſſer. Die ſchweflichte Säure verwandelt ſich durch Verweſung in Schwefelſäure.

Der Phosphor des Eiweißes und des Faſerſtoffs, des Klebers und des Erbſenſtoffs endlich verbindet ſich bei der Fäulniß mit dem Waſſerſtoff dieſer Körper. Es bildet ſich Phosphorwaſſerſtoff, H^3P, der ſich von ſelbſt an der Luft entzündet und mit Flamme zu phosphorichter Säure und Waſſer verbrennt. Wenn dagegen die Luft freien Zutritt hat, ſo daß ſich die Fäulniß in Verweſung verwandelt, dann kann der Phosphor ſich zu Phosphorſäure oxydiren. Unter den Erzeugniſſen der Verweſung phosphorhaltiger Eiweißkörper findet ſich phosphorſaures Ammoniumoxyd.

Kohlenſäure, Waſſer, Schwefelwaſſerſtoff und Phosphorwaſſerſtoff, oder Schwefelſäure und Phosphorſäure, das ſind die wenigen einfachen Endprodukte, die, abgeſehen von den ſtickſtoffhaltigen Erzeugniſſen der Zerſetzung, aus den eiweißartigen Körpern und ihren Abkömmlingen hervorgehen.

---

1) Vgl. oben S. 297.

2) Vgl. Buchner d. J. in den Annalen von Liebig, Wöhler und Kopp, Bd. LXXVII, S. 209, 210.

§. 3.

Auf eine an Vermoderung grenzende Verwesung der Eiweißkörper hat Mulder zuerst aufmerksam gemacht. Er zeigte nämlich, daß die eiweißartigen Stoffe durch Aufnahme einer geringen Menge Sauerstoff aus der Luft in die im ersten Buch beschriebenen Humuskörper übergehen.

Denke man sich, daß 1 Aequivalent der Gruppe, die ungefähr das Verhältniß des Stickstoffs, Kohlenstoffs, Wasserstoffs und Sauerstoffs in den Eiweißkörpern ausdrückt, sich mit 3 Aeq. Sauerstoff verbinde, dann entsteht 1 Aeq. Humin neben 5 Aeq. Ammoniak:

$$\underset{\text{Humin}}{N^5\,C^{40}\,H^{30}\,O^{12}} + O^3 = \underset{\text{Humin}}{C^{40}\,H^{15}\,O^{15}} + 5\,NH^3.$$

Sind Alkalien in der Erde vorhanden, dann geht das Humin unter Wasserausscheidung in Huminsäure, $C^{40}\,H^{12}\,O^{12}$, über. Durch allmälig weiter schreitende Verwesung verwandelt sich die Huminsäure in Geinsäure, Quellsatzsäure, Quellsäure, Kohlensäure und Wasser.

Kohlensäure, Wasser und Ammoniak sind also auch bei dieser Richtung der Verwesung die Stoffe, die als letzte Ergebnisse der Bewegung der Molecüle in die Kreislinie einmünden, die der Stoffwechsel von Pflanzen und Thieren beschreibt.

Kap. III.

Das Zerfallen der Fettbildner und der Fette.

§. 1.

Viel reichlicher als die eiweißartigen Körper tragen die zahlreichen stärkmehlartigen Stoffe, namentlich die Verbindung des Zellstoffs mit den Holzstoffen, die früher sogenannte Holzfaser, zur Humusbildung bei. Und es ist ohne Zweifel eine der wichtigsten Folgen der Verwesung, daß sie altes Holz, Sägemehl, Stoppeln, Brachfrüchte allmälig in fruchtbare Dammerde verwandelt.

Je tiefer diese Ueberbleibsel der Gewächse der Erde eingegraben, eingeackert sind, desto langsamer erfolgt die Verwesung, desto mehr geht die Verwesung in eigentliche Vermoderung über. Ein vollendetes Beispiel der Vermoderung ist in der Bildung der Braunkohle gegeben.

Die Umwandlung in Humus möge aber rasch oder langsam erfolgen, immer ist sie, wie Mulder so schön aus der Zusammensetzung der Humuskörper nachwies [1]), die Folge einer Aufnahme von Sauerstoff.

Wenn sich der Zellstoff oder irgend einer der gleich zusammengesetzten Körper mit wenig Sauerstoff verbindet, dann entsteht zunächst Ulmin neben Wasser und Kohlensäure:

Zellstoff Ulmin

$$7\,C^{12}\,H^{10}\,O^{10} + O^4 = 2\,C^{40}\,H^{16}\,O^{14} + 38\,HO + 4\,CO^2.$$

Schreitet die Verwesung bis zur Bildung der Ulminsäure fort,

---

1) Vgl. S. 10, 13, 14.

dann ändert ſich in dieſer Gleichung nichts als die Menge des Waſſers, die ausgeſchieden wird:

Ulmin Ulminſäure

$$2\,C^{40}\,H^{16}\,O^{14} + 38\,HO = 2\,C^{40}\,H^{14}\,O^{12} + 42\,HO.$$

Ganz ähnlich geſtaltet ſich die Umſetzung, wenn z. B. aus Zucker Humin wird:

Traubenzucker Humin

$$4\,C^{12}\,H^{12}\,O^{12} + O^{16} = C^{40}\,H^{15}\,O^{15} + 33\,HO + 8\,CO^2.$$

Und da ſich die Huminſäure von Humin, ebenſo wie die Ulminſäure vom Ulmin nur durch einen Wenigergehalt von Waſſer unterſcheidet, ſo ändert ſich auch in der letztgenannten Gleichung durch die Bildung der Huminſäure nur die Waſſermenge:

Humin Huminſäure

$$C^{40}\,H^{15}\,O^{15} + 33\,HO = C^{40}\,H^{12}\,O^{12} + 36\,HO.$$

Wie durch Verweſung Ulminſäure in Huminſäure, dieſe in Geinſäure, Geinſäure in Quellſatzſäure und endlich in Quellſäure übergehen kann, iſt bereits im erſten Buch erörtert.

Die Kohlenſäure, die ſich in dieſen Vorgängen bildet, enthält den Sauerſtoff der organiſchen Körper. Sie ſtammt von den Elementen des Holzes, da ſich der Sauerſtoff bei gewöhnlichen Wärmegraden nicht mit Kohlenſtoff verbindet. Liebig.

Aus dem einfachen Grunde, weil niemals die organiſche Materie genug Sauerſtoff enthält, um ihren ſämmtlichen Kohlenſtoff in Kohlenſäure überzuführen, werden die Erzeugniſſe der Verweſung des Holzes immer reicher an Kohlenſtoff. Dadurch erklärt es ſich, daß Meyer den Humus des Eichenholzes nach der Formel $C^{54}\,H^{46}\,O^{46}$, Will, der es mit einem ſpäteren Zeitraum der Verweſung zu thun hatte, nach dem Ausdruck $C^{56}\,H^{44}\,O^{44}$ zuſammengeſetzt fand[1]), Rochleder endlich in einem bituminöſen Körper einem moderartigen Stoffe von der Formel $C^{80}\,H^{54}\,O^{25}$ begegnete, der in ſeiner Zuſammenſetzung der Ulminſäure Mulder's naheſteht[2]). Und ein ähnliches Erzeugniß

1) Liebig, a. a. O. S. 470.

2) Rochleder in den Annalen von Liebig, Wöhler und Kopp, Bd. LXXVIII, Malheft 1851, S. 248—250.

der Verwesung hat Soubeiran vorgelegen, als er durch seine Analysen zur Aufstellung der Formel $C^{34}\ H^{18}\ O^{18}$ veranlaßt wurde [1]). Nur ist es entschieden unrichtig, wenn Soubeiran, der Mulder's wichtige Arbeiten kaum zu kennen scheint, behauptet, daß der Kohlenstoffgehalt der Humusstoffe 57 Procent niemals übersteige.

Unter den Verwesungsprodukten des Zuckers wird nicht selten die Ameisensäure gefunden, welche man künstlich sowohl durch die Oxydation mittelst Alkalien, als mittelst der Salpetersäure, neben anderen, zum Theil wenig erforschten Stoffen aus dem Zucker erhält.

Ist aber der Zutritt der Luft gehindert, wie wenn das Holz auf dem Boden von Sümpfen zerfällt, dann nimmt die Zersetzung eine ganz andere Richtung. Der Wasserstoff verbindet sich nicht mit dem Sauerstoff, sondern mit dem Kohlenstoff des organischen Körpers. Es entsteht Sumpfgas, CH^2, und ein anderer Theil des Kohlenstoffs verbindet sich mit dem Sauerstoff des betreffenden Körpers zu Kohlensäure. Am einfachsten wird sich die Zersetzung gestalten, wenn der organische Stoff gleich viel Aequivalente Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff enthält, wie z. B. der Zucker:

Traubenzucker		Sumpfgas		Kohlensäure
$C^{12}\ H^{12}\ O^{12}$	=	$6\ CH^2$	+	$6\ CO^2$.

Enthält der organische Körper weniger Wasserstoff und Sauerstoff als der Aequivalentzahl des Kohlenstoffs entspricht, dann betheiligen sich die Elemente des Wassers an der Bildung der Sumpfluft:

Zellstoff			Sumpfgas	Kohlensäure
$C^{12}\ H^{10}\ O^{10}$	+	$2\ HO$	= $6\ CH^2$	+ $6\ CO^2$.

Die Entwicklung des Sumpfgases beruht also auf einer einfachen Gährung.

§. 2.

In den Leichnamen des Menschen haben Fourcroy und Vauquelin ein hartes Fett gefunden, das sie unter dem Namen Adipo-

1) Soubeiran im Journal de pharmacie et de chimie, T. XVII, p. 329.

cire beſchrieben. Nach den Unterſuchungen von Beetz[1]) ſoll dieſes Adipocire aus Stearin und ſtearinſauren Salzen beſtehen.

Da die Fette der Leichen von Thieren und Menſchen durch die Fäulniß härter werden, ſo kann man annehmen, daß das Stearin aus Elain und Margarin entſteht. Die Umwandlung des Gemenges von Perlmutterfett und Oelſtoff menſchlicher Leichname in Talgſtoff könnte den einfachen Fall von Fäulniß darſtellen, in welchem die in einander greifenden Metamorphoſen zweier Körper, die Liebig als weſentliches Merkmal der Fäulniß verlangt, eine einzige Verbindung erzeugten:

Oelſtoff Perlmutterfett Talgſtoff

$$C^{39}\,H^{39}\,O^{4} + C^{35}\,H^{35}\,O^{4} = 2\,C^{37}\,H^{37}\,O^{4}.$$

Bei der Verweſung der Fette werden die kohlenſtoffreichen allmälig in kohlenſtoffärmere verwandelt. Kolbe ſcheint bei ſeinen hochwichtigen Unterſuchungen der oxydirenden Wirkung des im Kreiſe des galvaniſchen Stroms ſich ausſcheidenden Sauerſtoffs, der ſogenannten Elektrolyſe, das Geſetz entdeckt zu haben, nach welchem der Sauerſtoff auch bei der Verweſung die hierher gehörigen Körper zerſetzen dürfte. Wenn Sauerſtoff den Elementen einer ſauerſtoffhaltigen Säure zugeführt wird, dann ſpaltet ſich dieſe in Kohlenſäure, welche den Sauerſtoff, und in einen Kohlenwaſſerſtoff, welcher den Waſſerſtoff der Säure enthält.

So verwandelt ſich die Valerianſäure durch Elektrolyſe in Kohlenſäure und Valyl:[2])

Waſſerfreie Valerianſäure Valyl.

$$C^{10}\,H^{9}\,O^{3} = 2\,CO^{2} + C^{8}\,H^{9}.$$

Und was das Wichtigſte iſt, das Valyl geht durch Oxydation in Butterſäure über:

Valyl Butterſäurehydrat

$$C^{8}\,H^{9} + O^{5} = (C^{8}\,H^{7}\,O^{3} + HO) + HO.$$

Schneider hat die Kohlenwaſſerſtoffe, welche bei der trocknen

---

1) Vgl. meine Ueberſetzung von Mulder's Verſuch einer allgemeinen phyſiologiſchen Chemie, Heidelberg, 1846. S. 607.

2) Kolbe in den Annalen von Liebig und Wöhler Bd. LXIX, S. 259 u. folg.

Deſtillation der Fette entſtehen, durch oxydirende Mittel, Alkalien, Salpeterſäure, Chromſäure in fette Säuren verwandelt und zwar in ſolche, die ſich von dem urſprünglichen Fett durch einen höheren Sauerſtoffgehalt unterſcheiden [1]). Durch die Oxydation des Kohlenwaſſerſtoffs $C^6 H^5$, der durch trockne Deſtillation der Oelſäure erhalten wurde, entſtanden Eſſigſäure, Metacetonſäure, Butterſäure, Valerianſäure, Capronſäure, Oenanthylſäure ($C^{14} H^{13} O^3 + HO$) und Caprylſäure, kurz die ganze Reihe der Säuren von der Zuſammenſetzung $C^n H^n O^4$, von der Eſſigſäure an bis zur Caprylſäure hinauf.

Jene Entdeckung Kolbe's, die Liebig mit Recht eine bewunderungswürdige genannt hat, iſt nicht nur eine der wichtigſten, die auf dem Gebiet der theoretiſchen Chemie gemacht werden konnten, ſie iſt auch eine der wichtigſten für den Phyſiologen, der in dem Leben einen Zuſtand der Materie erblickt, deſſen Geſetze er nur aus den Geſetzen des Stoffwechſels in der Natur im Großen zu erkennen vermag. Liebig hat dieſer Thatſache Worte geliehen, indem er ſagt [2]): „Ich „halte die Entdeckung Kolbe's für eine um ſo wichtigere Erwerbung „für die Wiſſenſchaft, weil dieſes Oxydationsgeſetz offenbar das umgekehrte Geſetz der Bildung höherer organiſcher Säuren (ſauerſtoffärmerer) aus niederen (ſauerſtoffreicheren) iſt. Die Entſtehung des „Wachſes, des Cholſterins, der Oelſäure und Margarinſäure aus Amylon oder aus Zucker, oder aus Milchſäure, Butterſäure in dem Leibe „der Thiere kann nicht anders als durch Austreten von Sauerſtoff „in der Form von Kohlenſäure und von Waſſerſtoff in der Form „von Waſſer gedacht werden."

Umgekehrt ſind dieſe niederen ſauerſtoffreicheren Säuren, Valerianſäure, Butterſäure, Eſſigſäure, bei den Fetten wie bei den Eiweißkörpern, die Uebergangsſtufen, welche die zuſammengeſetzte organiſche Materie in die einfachſten binairen Verbindungen, in Waſſer und Kohlenſäure überführt.

---

1) Schneider in den Annalen von Liebig und Wöhler, Bd. LXX, S. 120.

2) Liebig in ſeinen Annalen, Bd. LXX, S. 319.

Rückblick.

Kohlensäure, Wasser, Ammoniak, — Salpetersäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure, — die frei gewordenen Salze und Chlorüre, — Huminsäure, Quellsäure, Quellsatzsäure, die selbst wieder in Kohlensäure und Wasser zerfallen, diese wenigen Körper sind die Endpunkte des Lebens, wie sie der Urquell sind von den zusammengesetzten Verbindungen, deren unabläſſige Bewegung die Seele des Lebens ist für Pflanzen und Thiere.

Ganz allmälig werden diese Endpunkte erreicht. Fett, Zucker, Eiweiß, die am höchsten zusammengesetzten organischen Verbindungen, die Mutterkörper der Gewebebildner vor allen anderen, verlieren nach und nach ihre Indifferenz. Sie zerfallen in Stoffe, die immer deutlicher den Gegensatz von Basen und Säuren bethätigen, der nur dem Wasser fehlt.

Im Leben tritt dieser Gegensatz zurück. Nicht weil ein wohlwollender Gott die Feindschaft versöhnt zu dem harmonischen Ineinandergreifen, das der Mensch — sonderbarer Irrwahn! — so gerne voraus haben möchte vor den übrigen Geschöpfen der Erde. Denn jener Gegensatz ist kein feindlicher. Das Begegnen der Elemente unter geeigneten Außenverhältnissen reicht hin, um die schöpferische Triebkraft zu bethätigen, die aller Materie innewohnt, welche die gegenseitige Berührung der Materie nur erweckt zu dem nimmer ruhenden Zustand des Lebens.

Die Pflanze, das Thier löst sich auf nach dem Tode in Ammoniak, in Kohlensäure und Wasser. Aber dieselbe Kraft, die als Eigenschaft den Stoffen innewohnt, verwebt die elementarsten Körper zu den meist zusammengesetzten Verbindungen. Der Stoff des unscheinbarsten wie des edelsten Leibes gelangt beim ewigen Wechsel zu neuem Leben. Die Eigenschaften wandern mit dem Stoff, dem sie unverbrüchlich an-

gehören. Ihre Arten sind so zahlreich, wie die Verbindungen der Stoffe, vielleicht zahllos, wenn nämlich die Grenze nicht bestimmt ist, in welcher die Aequivalentzahl des einen Elements die des anderen übertreffen kann.

Ein geschlossener Kreislauf — beginnt die Bewegung der Elemente wo sie aufzuhören scheint. Die verjüngte Erde keimt und grünt aus dem Moder hervor, in demselben Augenblick, in welchem Menschen und Thiere der Verwesung zueilen.

Zu dem Elemente gehört als Eigenschaft die Kraft. Und darum ist der Kreislauf der Elemente, von dem ich ein flüchtiges Bild aufzurollen bemüht war, zugleich der Kreislauf der Kräfte.

Alphabetiſches Regiſter.

A.

Abſolutes Wiſſen (Bedeutung deſſelben) XII.

Abſonderungen 400.

Achſencylinder 365, 380.

Ackeranalyſen (Wichtigkeit der) 176.

Ackererde 3, quantitative Zuſammenſetzung derſelben 19, 20.

Aconitſäure 283.

Adergeflechte der Hirnhöhlen (Durchſchwitzung der) 363.

Adern 367, 371, 372.

Adipocire 565.

Aethal 381.

Aethalſäure 381, in Wachs 149.

Afterdrüſen (Abſonderung derſelben) 529.

Alizarin 324.

Alkaloide 299, Conſtitution derſelben 306, Entwicklungsgeſchichte derſelben 315, Mengenverhältniſſe derſelben 313.

Allantoin 507.

Allantoisflüſſigkeit 507.

Allantoisſäure 508.

Aloëtin 329.

Amalinſäure 301, 302.

Ambra 527.

Ambrin 527.

Ameiſenſäure 285, im Blut 470, in den Geweben 468, als Ausſcheidung der Ameiſen 529.

Ammoniak in der Ackererde 12, in der ausgeathmeten Luft 485, im Darminhalt 522, in der Hautſchmiere 517, in der Luft 25, als Nahrungsmittel der Pflanzen 66, im Schweiß 514, in der Vorhautſalbe 516.
Ammoniakbildung in der Ackererde 15.
Ammoniakſeife im Blut 248.
Amygdalin 309.
Anilin 557.
Anorganiſche Nahrungsſtoffe der Thiere 188.
Anorganiſche Stoffe als Gewebebildner der Thiere 387.
Anorganiſche Stoffe der Pflanzen 158, Einfluß des Bodens auf dieſelben 174, Einfluß der Entwicklungsſtufe der Pflanzentheile auf dieſelben 173, Mengenverhältniſſe derſelben 177, Einfluß der Pflanzenart auf dieſelben 164, Einfluß der Pflanzentheile auf dieſelben 169, gegenſeitige Vertretung derſelben 165.
Anorganiſche Verbindungen (Form derſelben in organiſchen Körpern) 161.
Anorydiſche Stoffe (Kritik des Begriffs derſelben) 161.
Äpfelſäure 280.
Apfelſinenöl 341.
Apoſepedin 554.
Arabin 116.
Aricin 304.
Arſenik in der Ackererde 8, im Meerwaſſer nach Daubrée (Comptes Rendus, XXXII, p. 828, 2. Juin 1851), in Pflanzen 160, fehlt in Thieren 394.
Arterien ſiehe Schlagadern.
Aſparagin 291.
Aſparagſäure 291.
Augenbutter 515, 516.
Augenflüſſigkeit (Wäſſerige) 360, 468.
Ausgeathmete Luft 484, Ammoniak in derſelben 485, bei faſtenden Thieren 489, je nach dem Fettreichthum 488, je nach den Gaſen, in welchen geathmet wurde 490, bei verſchiedenen Geſchlechtern 488, je nach der Körpergröße 488, Einfluß der körperlichen Bewegung auf dieſelbe 491, bei Kraftanſtrengungen 491, in verſchiedenen Lebensaltern 488, Einfluß des Luftdrucks auf dieſelbe 491, Einfluß der Nahrung auf dieſelbe 488, während des Schlafs 491, Schwefelhaltige Gaſe in derſelben 485, Stickſtoffausſcheidung durch dieſelbe 484, bei verſchiedenen Thieren 487, während der Verdauung 489, Einfluß der Wärme auf dieſelbe 490, Waſſerdunſt derſelben 486, bei Winterſchläfern 491, 492.
Ausſcheidung der Pflanzen 355, der Thiere 484.

B.

Badeſchwamm 97.
Baldrianöl 341.
Baldrianſäure 144, in thieriſchen Geweben 381.
Bänder 373, gelbe Bänder der Wirbelſäule 371.
Barten des Wallfiſches ſiehe Fiſchbein.
Baſſorin 117.
Baſtfaſerzellen 76, 102, 105, 106.
Bauchfell (Durchſchwitzung deſſelben) 362.
Bauchſpeichel 452, quantitative Analyſe deſſelben 454.
Bauchſpeichelſtoff 453.
Behenſäure 143.
Belugenſtein 390.
Benzoeſäure 286, in der Ambra 527, als Zerſetzungsprodukt der Hippurſäure im Harn 495.
Berberin 302.
Bernſteinſäure 110, 285, im Thierkörper 468.
Bezoare 527.
Bezoarſäure 528.
Bibergeil 498, 516, 517.
Bilicholinſäure 438.
Bilifulvinſäure 438.
Bilifulvin 440.
Bilin 438.
Biliphäin 439.
Bilirerdin 439, 440.
Bindegewebe 372.
Biphosphamid 90.
Birkenöl 341.
Bittererde in der Ackererde 7, im Blut 252, in Pflanzen 158.
Blähungsgaſe 518.
Blattgelb 321.
Blattgrün 135.
Blattroth 321.
Blei im Blut 254, im Meerwaſſer 31, in Pflanzen 160.
Blut 228, der Arterien 477—483, Aſche deſſelben 268, Veränderung deſſelben durch die Ausſcheidung 476, Veränderung deſſelben durch die Ernährung 397—399, Blut bei verſchiedenen Geſchlechtern 263, bei hungernden Thieren 398,

im klimakteriſchen Lebensalter 265, in verſchiedenen Körpergegenden 398, in verſchiedenen Lebensaltern 262, der Lebervene 444, 445, Menge des Bluts 257, Blut der Milzvene 472, der monatlichen Reinigung 264, Einfluß der Nahrung auf daſſelbe 266, nach der Niederkunft 265, phyſiologiſche Bedeutung deſſelben 187, 361, der Pfortader 444, 445, quantitative Zuſammenſetzung deſſelben 267, 268, Blut in der Schwangerſchaft 264, bei ſtillenden Frauen 264, bei verſchiedenen Temperamenten 262, bei verſchiedenen Thieren 257, der Venen 477—483.

Blutbildung 186, 191.

Bluten der Rebe 71.

Blutfarbe 479—483.

Blutfarbſtoff 244, Entwicklung deſſelben 226, 227, 246.

Blutkörperchen 228, 232, 238, 247, anorganiſche Beſtandtheile derſelben 256.

Blutkuchen 232, Zuſammenziehung deſſelben 238.

Blutſerum (Blutwaſſer) 230, 232, 238, anorganiſche Beſtandtheile deſſelben 256.

Bockstalg 382.

Bodenvage Pflanzen 182.

Boheaſäure 290.

Bojanus'ſche Drüſe (Abſonderung derſelben) 506.

Brachfrüchte 169.

Brenzgallusſäure 283.

Brom im Meerwaſſer 31.

Brom in Pflanzen 160.

Butter 408.

Butteressigſäure im Schweiß (?) 513.

Butterſäure 144, 408, in den Geweben 380, im Harn 497, 509, kann im Magen vorkommen 429.

Butterſäurebildung 201.

Butyrin 146.

C.

Cambiumzellen 102.

Caprinſäure 408, in den Geweben 380, in Kokosnußöl 142, in der Milch 408.

Caprinſäure-Aldehyd 341.

Capronſäure 409, in den Geweben 380, in Kokosnußöl 142, in der Milch 409, im Schweiß (?) 513.

Caprylſäure 408, in den Geweben 380, in Kokosnußöl 142, in der Milch 408, im Schweiß (?) 513.

Carbolſäure ſiehe Phenyloxyd-Hydrat.
Carmin 458.
Carminſäure 458.
Carrhageenin 117.
Carthamin 325.
Caſtorin 516.
Celluloſe 101, in thieriſchen Geweben 385.
Cerain 147.
Ceraſin 116.
Cerebrin 382, im Eidotter 402.
Cerebrinſäure 382.
Cerebroſpinalflüſſigkeit 363.
Cerin 146, 151.
Ceroſia 151.
Cerotin 147.
Cerotinſäure 147.
Cerumen 515.
Cetin 381.
Cetyloxyd 381.
Cetylſäure 381, im Wachs 149.
Chalazen 401.
Chinaſäure 303.
Chinin 304.
Chitin 377.
Chlor in der Ackererde 7, im Blut 251, 252, in den Pflanzen 159.
Chlorogenſäure 290.
Chlorophyll 319.
Chlorophyllwachs 150.
Chlorpepſinwaſſerſtoffſäure 423.
Cholalſäure 433, im Darminhalt 521.
Choleinſäure 432, im Darminhalt 521.
Cholepyrrhin 439.
Choleſterin im Blut 250, im Darminhalt 522, im Eidotter 402, in der Galle 440, in den Geweben 380, im Ohrenſchmalz 516, in der Verhautſalbe 516.
Cholinſäure 438.
Choloidinſäure 435, im Darminhalt 521.
Cholſäure von Demarçay 438, von Gmelin und Strecker 431, im Darminhalt 521.

Chondrin 374.
Chorioidea 378.
Chromogen 324.
Chryſamminſäure 329.
Chylus 216, 220, anorganiſche Beſtandtheile deſſelben 222, Entwicklung deſſelben in den Chylusgefäßen 225, Einfluß der Nahrung auf denſelben 223, quantitative Analyſe deſſelben 267.
Chylusgefäße 371.
Chyluskörperchen 221, 222, 223, 225, 226.
Chymus 216.
Cinchonin 303.
Cinchotin 304.
Citronenöl 341.
Citronenſäure 282.
Cochenille 458, quantitative Analyſe derſelben 459.
Cocin 142.
Cocinſäure 142.
Collenchymzellen 102.
Coloſtrum 408.
Columbin 312.
Columboſäure 302.
Conlin 305.
Copaivaöl 341.
Copalharz 346.
Cubebenöl 341.
Cumarin 343.
Cupramin in Regenwaſſer 32.
Cuticula 109.

D.

Dahlin 114.
Damalurſäure 498.
Dammerde 10.
Damolſäure 498.
Darmgaſe 518, quantitative Analyſe derſelben 518.
Darminhalt 218.
Darmſaft 454, quantitative Analyſe deſſelben 455.
Dasjespis 527.

Datiscin 114.
Dauungsſtoff 422.
Delphinſäure 381.
Dextrin 116.
Diaſtaſe 96.
Döglingſäure 382.
Dotter 401, anorganiſche Beſtandtheile deſſelben 403.
Dotterkugeln 402, 403.
Dotterſtoff 401.
Dünger (Anorganiſcher) 169, 176, 177.
Durchſchwitzungen 360.
Dyslyſin 435, 436, im Darminhalt 522, der Schweinegalle 450.

E.

Ei 400, Aſche deſſelben 405, Veränderung deſſelben während der Bebrütung 405, Entwicklung deſſelben 414—416, Luft deſſelben 404, quantitative Zuſammenſetzung deſſelben 404, Schaale deſſelben 404.
Eichel des männlichen Gliedes 379.
Eichengerbſäure 288.
Eigenwärme von Pflanzen und Thieren 535—542.
Einfachſchwefeleiſen im Darminhalt 524.
Eiſen in der Ackererde 7, im Blut 252, in den Pflanzen 158.
Eiweiß des Bluts 228, des Chylus 220, in den Geweben 364, der Hühnereier 401, anorganiſche Beſtandtheile des Eiweißes der Hühnereier 403.
Eiweißartige Körper 75, allgemeine Eigenſchaften derſelben 77, Entwicklung derſelben in der Pflanze 98, Fäulniß derſelben 554, als Gewebebildner der Thiere 364, Mengenverhältniſſe derſelben in den Pflanzen 95, Oxydation derſelben 242, eiweißartige Körper der Pflanzen 91, Unterſchied zwiſchen pflanzlichen und thieriſchen Eiweißkörpern 243, Verweſung derſelben 554, Vorkommen derſelben in den Pflanzen 75, Zuſammenſetzung derſelben 79.
Eiweißartige Nahrungsſtoffe der Thiere 189.
Elaërin 516.
Elain in Pflanzen 136, in thieriſchen Geweben 379.
Elainſäure im Blut 248, in Pflanzen 137.
Elaſtiſche Faſern 371, 388, Entwicklungsgeſchichte derſelben 375.
Elemiharz 347.

Elemin 347.
Elemiöl 341.
Ellagſäure 528.
Emulſin 96.
Endosmoſe 38, Theorie derſelben 45.
Endosmotiſches Äquivalent 41.
Entomaderm 377.
Epithelium 370, 371, der Arthropoden 377.
Equiſetſäure 283.
Erbſenſtoff 91.
Erythrinſäure 331.
Erythrophyll 321.
Erythroprotid 557.
Eſſigſäure kann im Magen vorkommen 429, im Schweiß (?) 514, ein Zwiſchenprodukt der Verweſung organiſcher Säuren 560.
Euphorbiumharz 346.
Exosmoſe 38.

F.

Fächergewebe der cavernöſen Körper 372.
Farbſtoffe des Eis 403, der Galle 439, Farbſtoffe der Galle im Darminhalt 522, Farbſtoffe des Harns 496, der Pflanzen 318, Entwicklungsgeſchichte der letzteren 333, Mengenverhältniſſe derſelben 333.
Faſcien 371, 373.
Faſerknorpel 374.
Faſerſtoff des Bluts 231, des Chylus 221, in den Geweben 365.
Fäulniß 548.
Federn 371, 393.
Fellinſäure 438.
Fenchelöl 341.
Fett 134, Fette des Bluts 247, Fett des Chylus 222, Entwicklung des Fetts in den Pflanzen 153, Fette als Gewebebildner der Thiere 379, Mengenverhältniſſe der Fette in den Pflanzen 151, Fette als Nahrungsſtoffe der Thiere 189, Vorkommen derſelben in den Pflanzen 134.
Fettbildner im Blut 250, in thieriſchen Geweben 384, als Nahrungsſtoffe der Thiere 189.
Fettbildung im Thierkörper 202.

Fettzellen 373.
Fibroin 98, 455, 456.
Fibröſe Häute 373.
Fichtenharz 346.
Fiſchbein 370, 379, 389, 390.
Fiſchſchuppen 373.
Fiſchthran 379, 380, 381, 382, 392.
Flechtengrün 322.
Fleiſchbaſis 465.
Fleiſchſäure 465.
Fleiſchſtoff 464.
Fliegender Sommer 455—457.
Fluor in der Ackererde 7, im Blut 254, im Meerwaſſer 31, in der Milch 412, in den Pflanzen 160, in thieriſchen Geweben 391.
Flußwaſſer 29.
Form, Wechſelverhältniß zwiſchen Miſchung, Form und Verrichtung XVIII.
Fruchthefe 123.
Fruchtmark 120.
Fruchtwaſſer 360—363.
Fruchtzellen 120.
Fruchtzucker 118.
Fungin 104.

G.

Gährung 548, ſchleimige Gährung 550, 552, weinige Gährung 550.
Gährungspilze, Verhältniß derſelben zur Gährung, 551, 552.
Galle 430, Aſche derſelben 442, Entwicklung derſelben 443—447, bei hungernden Thieren 452, Einfluß der Nahrung auf dieſelbe 451, quantitative Analyſe derſelben 44, Galle des Schweins 447, organiſche Baſis in der Galle des Schweins 450, Einfluß der Thierart auf dieſelbe 451.
Gallenbraun 439.
Gallenfett ſiehe Choleſterin.
Gallengrün 440.
Gallenſäure 431, geſchwefelte Gallenſäure 432.
Gallenſtoff 438, Gallenſtoffe im Koth 521.
Gallertbildner 121.

Gallertſäure 121.
Gallusſäure 288.
Ganglienkugeln 380.
Gaſe des Bluts 477, im Luftraum des Eis 404, im Waſſer 32.
Gehörblaſen der Weichthiere 391.
Gehörſäckchen 391.
Geinſäure 10.
Gelbe Säure von Fourcroy 78.
Gelenkflüſſigkeit 360, 361.
Gerbſäure 288.
Gerinnung des Bluts 232.
Gerſtenhefe 96.
Geruch des Bluts 248, 249, des Kothes 522, 525, der Pflanzen 339.
Gewebe 359.
Gewürznelkenöl 341.
Giftdrüſen, Abſonderung derſelben, 529.
Glaskörper des Auges 364, 468.
Glaukomelanſäure 528.
Globulin 238, in den Geweben 367.
Glucoſe 118.
Gluten 92.
Glutin 373.
Glycerin 139.
Glykocholſäure 439.
Grünes Organ des Flußkrebſes, Abſonderung deſſelben, 506.
Guanin 505, 506.
Guano 504.
Gummi 116.

H.

Haare 370, 379, 387, 390, 392, 393.
Haargefäße 369.
Hämatein 328.
Hämatin 244, Entwicklung deſſelben 226, 227, 247.
Hämatoidin 246, in den Graaf'ſchen Bläschen 378.
Hämatoxylin 328.

Harderſche Drüſen, Abſonderung derſelben, 515.
Harn 493, Einfluß des Bades auf denſelben 513, bei faſtenden Thieren 512, der Fleiſchfreſſer 504, bei verſchiedenen Geſchlechtern 509, je nach der Jahreszeit 512, Einfluß körperlicher Anſtrengung auf denſelben 512, in verſchiedenen Lebensaltern 507, Einfluß der Nahrung auf denſelben 510, der Pflanzenfreſſer 504, quantitative Analyſe deſſelben 501, Einfluß der Ruhe auf denſelben 512, Harn der Schwangeren 509, je nach der Tageszeit 512, verſchiedener Thiere 504, der Wöchnerinnen 509.
Harngährung 497, 499.
Harnſäure 493, im Blut 470, in den Geweben 467.
Harnſtoff 493, im Blut 470, in den Geweben 468.
Harze 338, 345, Entwicklungsgeſchichte derſelben 351, Mengenverhältniſſe derſelben 348.
Haut, äußere, 371, 372, des Fötus 367.
Hautathmung 486—487, 532.
Hautſchmiere 515.
Hautſkelett der wirbelloſen Thiere 377, 391, 393.
Hefe 548.
Hefenzellen 551, 552.
Helenin 114.
Herbſtfäden 455, 456, quantitative Analyſe derſelben 457.
Hippurſäure 494, im Blut 470.
Hircinſäure 382.
Hirn 364, 365, 380, 382, 388, quantitative Zuſammenſetzung deſſelben 395.
Hirnhäute 362.
Hirnſand 391.
Holzſtoff, äußerer, 105, mittlerer 105.
Holzzellen 77, 102, 105.
Horngebilde 369, 379, 390, 392, Entwicklungsgeſchichte derſelben 375.
Hornhaut des Auges 374, 388.
Horniges Albumen 110.
Hornſtoff der Pflanzen 110.
Humin 11, Entwicklung deſſelben 561—564.
Huminſäure 10, Entwicklung derſelben 561—564.
Humusbildung 561—564.
Humusextract 9, 11.
Humuskohle 9.

Humusſäure 9.
Humusſtoffe, Zunahme des Kohlenſtoffs in denſelben 563.
Hyocholalſäure 448.
Hyocholeinſäure 449.
Hyocholinſäure 448.
Hypoxanthin 466.
Hyraceum 527.

I.

Indifferente Pflanzenſtoffe 299, 309, Entwicklungsgeſchichte derſelben 315, Mengenverhältniſſe derſelben 314.
Indigblau 330.
Indigo 330.
Indigweiß 330.
Inoſinſäure 465.
Inoſit 387.
Intercellulargänge 116.
Intercellularſubſtanz 120.

J.

Jod in der Ackererde 7, im Badeſchwamm 98, im Blut 254, im Ei 403, in thieriſchen Geweben 394, in der Milch 412, in Pflanzen 159, im Waſſer 30.

K.

Kaffeegerbſäure 290.
Kaffein 301.
Kali in der Ackererde 7, im Blut 252, in den Pflanzen 158.
Kalk in der Ackererde 7, im Blut 252, in den Pflanzen 158.
Käſeſchleim 515, 516, 517.
Käſeſtoff des Bluts 240, in den Geweben 366, in der Milch 407.
Kautſchuck 344.
Kernfaſern 372.
Kieſelſäure in der Ackererde 7, im Blut 254, in Federn 393, in Horngebilden überhaupt 393, in den Pflanzen 158.

Kieſelpanzer 393.
Kirſchgummi 116.
Kitzler 379.
Klappen der Adern und Lymphgefäße 373.
Klauenfett 379.
Kleber 92.
Kleeſäure 276, im Blut 470, im Harn 497, 504, 506, 511, im Schleim 462, 470, in der Vorhautſalbe 516.
Knochen 364, 372, 388, 389, 390, 391, 392, 393, Aſche derſelben 396, quantitative Zuſammenſetzung derſelben 395.
Knochenleim 373.
Knochenmark 379.
Knorpel 364, 379, 388, 389, Aſche derſelben 396, elaſtiſche Knorpel 371, 374, Faſerknorpel 374, wahre Knorpel 374, 392, quantitative Zuſammenſetzung derſelben 395.
Knorpelleim 374.
Kohlenſaure Alkalien im Blut 252.
Kohlenſäure in der Ackererde 14, im Blut 470, in den Darmgaſen 518, in den Geweben 469, im Harn 500, in der Luft 22, als Nahrungsſtoff der Pflanzen 64, in Pflanzen 159, Verwitterung durch dieſelbe 5.
Kohlenwaſſerſtoff in den Darmgaſen 518, im Koth 525.
Kork 109. 151.
Korkſäure 110.
Korkzellen 110, 111.
Koth, 520, Aſche deſſelben 526, quantitative Analyſe deſſelben 525, 526.
Kraft, ihr Verhältniß zum Stoff X.
Krapproth 323.
Kreatin 464, im Harn 496.
Kreatinin 465, im Harn 496.
Kreislauf der Elemente XV, 568, der Kräfte 568.
Kruſtenbildender Stoff 106.
Kryſtallin 239, in den Geweben 367.
Kryſtalllinſe 367, 387, 389, 393, quantitative Zuſammenſetzung derſelben 395.
Kuhhorn 370.
Kümmelöl 341.
Kupfer in der Ackererde 8, im Blut 254, im Ei 403, in der Galle 441, in der Leber 393, im Meerwaſſer 160, 164.
Kyeſtein 509.

L.

Laurostearin 141.
Laurostearinſäure 141.
Lebenskraft, Beurtheilung derſelben XXI.
Leber 364, 384, 385, 386, 393, Aſche derſelben 396, quantitative Zuſammenſetzung derſelben 395.
Lecithin 383, im Eidotter 402.
Legumin 94.
Leim in Herbſtfäden 456, in Seide 456.
Leimgebende Gewebe 373, Entwicklungsgeſchichte derſelben 375.
Leimzucker 433, 434, 556.
Leucin 454—456.
Lichenin 104.
Lithofellinſäure 529.
Lithon im Meerwaſſer 31.
Lorbeerfett 141.
Luft, atmoſphäriſche 21, im Luftraum des Eis 404, des Waſſers 32.
Lungenfell, Durchſchwitzung deſſelben 362.
Lungengewebe 371, 372, 379.
Lymphe 473—476, Aſche derſelben 476, quantitative Analyſe derſelben 475.
Lymphgefäße 371, 372.

M.

Mageninhalt 216.
Magenſaft 422, quantitative Analyſe deſſelben 430, Säure deſſelben 424—429, der Vögel 429.
Makrolytiſcher Niederſchlag 423.
Malpighi'ſche Gefäße (Abſonderung derſelben) 506.
Manbelſtoff 309.
Mangan in der Ackererde 7, im Blut 254, in der Galle 441, in der Leber 393, in den Pflanzen 158, 164.
Mannit 120.
Mantel der Weichthiere 385, 390.
Margarin in thieriſchen Geweben 379, in Pflanzen 137.
Margarinſäure im Blut 248, in Pflanzen 138, im Wachs (?) 148.
Markzellen 76, 102, 105.

Materie, ihre Menge bleibt ſich ewig gleich IX.
Matière incrustante 106.
Medullin 104.
Meerwaſſer 31.
Meibom'ſche Drüſen, Abſonderung derſelben 515.
Mekonium 521, 523, 525.
Melanin 378.
Meliſſin 147.
Meliſſinſäure 147.
Meniſcus des Unterkiefergelenks 373.
Menſtrualblut 264.
Meroxydiſche Stoffe, Kritik des Begriffs derſelben 161.
Metacetonſäure im Schweiß (?) 513.
Metapektin 121.
Metapektinſäure 121.
Methylamin 301.
Mikrolytiſcher Niederſchlag 423.
Milch 407, Aſche derſelben 413, Entwicklung derſelben 414—416, Milch der Fleiſchfreſſer 412, 413, 414, Einfluß der Nahrung auf dieſelbe 413, Milch der Pflanzenfreſſer 412, 413, quantitative Analyſe derſelben 412.
Milchkörperchen 407.
Milchſaftgefäße 102, 106, 121.
Milchſaft der Pflanzen 72, 73.
Milchſäure 200, 411, im Chylus 224, in den Geweben 387, 468, im Harn 497, 504, 511, im Ohrenſchmalz 516, im Schweiß (?) 514.
Milchſäurebildung im Thierkörper 198, 468.
Milchzucker 410.
Mimoſengummi 116.
Molecüle (Beweglichkeit derſelben in organiſcher Materie) XVII, 545.
Mooſtärke 111, 113.
Moſchusbeutel (Abſonderung deſſelben) 515.
Mucin 460.
Murexid 494.
Muskatfett 141.
Muskelfaſern, glatte 366, 368, quergeſtreifte 365, 366, 368.
Muskelfaſerſtoff 365.
Muskeln 365, 366, 387, 388, 389, 390, 392, Aſche derſelben 396, Farbe derſelben 377, quantitative Zuſammenſetzung derſelben 395.

Muskelzucker 387.
Myricin 146.
Myriſtin 141.
Myriſtinſäure 141.
Myronſäure 343.
Myroſin 343.

N.

Nackenband 367, 371.
Nägel 370, 390.
Nahrungsſaft 360.
Nahrungsſtoffe, Aufnahme derſelben in die Chylus- und Blutgefäße 216, Verbindung derſelben zum Nahrungsmittel für die Thiere 190, der Pflanzen 36, anorganiſche Nahrungsſtoffe der Pflanzen 49, organiſche Nahrungsſtoffe der Pflanzen 53, Nahrungsſtoffe der Thiere 188.
Natron in der Ackererde 7, im Blut 252, in den Pflanzen 158.
Natronalbuminat 220, 401, Eigenſchaften deſſelben 230.
Nerven 364, 380, 382.
Nervenfaſern, 373, 380.
Netzfaſern 76, 102, 105.
Netzfaſerzellen 76, 102, 105.
Neurilem 373.
Nieren 364, 365.
Nierenkapſeln 380.

O.

Oberhaut 370, 390.
Ohrenſchmalz 515, 516.
Oele, fette, 136, flüchtige 338, 339, Entwicklungsgeſchichte der flüchtigen Oele 349, Einwirkung des Lichts auf dieſelben 352, Mengenverhältniſſe derſelben 347, Einwirkung des Sauerſtoffs auf dieſelben 352.
Oelſäure im Blut 248, in den Pflanzen 137.
Oelſtoff in Pflanzen 137, in thieriſchen Geweben 379.
Oelſüß 139.
Omichmylorxyd 499.

Orcein 331.
Orcin 331.
Organiſation XVIII.
Organiſirung der Materie durch die Pflanzen 157, durch die Thiere 269.
Organiſche Materie, Unterſchied zwiſchen organiſcher und anorganiſcher Materie XVI.
Orſeille 330.
Orſellinſäure 331.

P.

Palmfett 140.
Palmitin 140.
Palmitinſäure 140.
Panzer der Infuſorien 393.
Paramylon 385.
Parapektin 121.
Parapektinſäure 121.
Paravitellin 404.
Parenchymzellen 101.
Pektaſe 123.
Pektin 121.
Pektinſäure 121.
Pektoſe 120.
Pektoſinſäure 121.
Pelargonſäure 143.
Pepſin 422.
Peptone 424.
Perichondrium 373.
Perimyſium 373.
Perinealdrüſen (Abſonderung derſelben) 515.
Perioſteum 373.
Perlmutterfett in Pflanzen 137, in thieriſchen Geweben 379.
Perlmutterfettſäure im Blut 248, in Pflanzen 138.
Perſpiration 485.
Petinin 557.
Pfefferöl 341.
Pferdeharnſäure 494.

Pflanzeneiweiß, lösliches, 91, ungelöſtes 91.
Pflanzenfibrin 92.
Pflanzengallerte 121.
Pflanzenkäſeſtoff 92.
Pflanzenleim 91.
Pflanzenſäuren 275, Entwicklungsgeſchichte derſelben 293, Mengenverhältniſſe derſelben 292.
Pflanzenſchleim 117.
Pflanzenzellen, alte, 75, 102, jugendliche 75, 101, poröſe 102, 106.
Phenyloxydhydrat 498, 517, 527.
Phenylſäure ſiehe Phenyloxydhydrat.
Phloretin 312.
Phlorrhizin 311.
Phlorrhizein 312.
Phocenin 381.
Phocenſäure 144, 381.
Phosphan 90.
Phosphamid 90.
Phosphoramid 87.
Phosphorglycerinſäure 383.
Phosphorglycerinſaures Ammoniak im Eidotter 403.
Phosphorhaltiges Fett im Blut 249, im Eidotter 402, in den Geweben 382—384, im Speichel 418.
Phosphorſäure in der Ackererde 7, im Blut 252, in den Pflanzen 158.
Phosphorſaures Bittererde-Ammoniak 524.
Pichurimtalgſäure 141.
Picolin 557.
Pigmentzellen 378.
Pikroerythrin 331.
Pininſäure 346.
Pomeranzenöl 341.
Primordialſchlauch 75.
Propionſäure im Schweiß (?) 513.
Protein 80, Proteintheorie 80, Widerlegung derſelben 89.
Proteinbioxyd 80.
Proteinprotoxyd 88, im Blut 242.
Proteintritoxyd 80, im Blut 242, in den Geweben 367.
Protid 557.

Ptyalin 416.
Purpurin 324.
Purpurſäure 494.
Pyin 367.

Q.

Quellſäure 9, 11.
Quellſatzſäure 9, 11.
Quellwaſſer 29.

R.

Rautenöl 341.
Regenwaſſer 31.
Reif der Früchte 135.
Reifen der Früchte 132.
Reſpiration 477—492, ſiehe ausgeathmete Luft.
Rhodan im Speichel 419.
Riechſtoffe der Pflanzen 339, 353, der Thiere 248, 249.
Riechſtoffbildner 353.
Rindenparenchymzellen 76, 102, 106.
Ringfaſern, 76, 102, 105.
Ringfaſerzellen 76, 101, 105.
Rohrzucker 118.
Roſenkrautſäure 143.
Rückbildung im Blut 471, in den Geweben 464, im Thierleib überhaupt 463.
Rückenmark 365.
Rutinſäure 341.

S.

Saflor 325.
Saflorgelb 326.
Saft der Pflanzen 69.
Salbeiöl 341.

Salicin 310.
Saligenin 311.
Saliretin 311.
Salpeter in der Ackererde 16, in Pflanzen 164.
Salpeterbildung 16.
Salpeterſäure in der Luft 28, in den Pflanzen 159.
Salze der Luft 28.
Samen 406, Entwicklung deſſelben 414—416.
Santalin 327.
Sarcode 376.
Sarcolema 373.
Sauerſtoff, Aufnahme deſſelben durch die Pflanzen 63, Ausſcheidung deſſelben bei Infuſorien 492.
Schaale der Eier 404, der wirbelloſen Thiere 391.
Schildpatt 370.
Schlagadern 366, 367, 371, 372, 373, 379, 389, quantitative Zuſammenſetzung der mittleren Wand derſelben 395.
Schleim 460, Entwicklung deſſelben 461, quantitative Analyſe deſſelben 462.
Schleimſtoff 370, 460.
Schneewaſſer 32.
Schwammige Körper der Cephalopoden, Abſonderung derſelben, 506.
Schwammzucker 120.
Schwefelamid 87.
Schwefelcyan im Speichel 419.
Schwefeleiſen im Darminhalt 524.
Schwefelſäure in der Ackererde 7, im Blut 252, in den Pflanzen 159.
Schwefelwaſſerſtoff in den Blähungsgaſen 518, 520, im Koth 525, in der Luft 27, als Nahrungsſtoff der Pflanzen 66.
Schweiß 513, bei verſchiedenen Geſchlechtern 515, quantitative Analyſe deſſelben 514.
Schwimmblaſe 374.
Sclerotica 373, 388.
Sehnen 371, 388.
Seide 455, 456, quantitative Analyſe derſelben 457.
Seidenfibrin 455.
Seifen des Bluts 248.
Senfhefe 343.
Senföl 343.

Senfſtoff 343.
Sepienſaft 530.
Serolin 249.
Seröſe Flüſſigkeiten 360.
Seröſe Häute 371, 373.
Silber im Blut 254, in Pflanzen 160.
Silvinſäure 346.
Smegma praeputii 515.
Spargelſäure 291.
Speckhaut 235.
Speichel 416, Aſche deſſelben 421, Einfluß der Nahrung auf denſelben 422, der Ohrſpeicheldrüſen 421, quantitative Analyſe des Speichels 420, Speichel der Unterkieferdrüſen 421.
Speichelſtoff 416.
Speiſebrei 216.
Speiſeſaft 216.
Spermatin 406.
Spermatozoiden 406.
Spiralfäden 76, 102, 105, 106.
Spiralfaſern der Tracheen 377.
Spiralfaſerzellen 76, 101.
Spiralgefäße 76, 101, 105.
Stärkegummi 117.
Stärkezucker 118.
Stärkmehl 111.
Stärkmehlartige Körper 101, Entwicklungsgeſchichte derſelben 130, Mengenverhältniſſe derſelben in den Pflanzen 126.
Statik des Stoffwechſels 530—534.
Stearerin 516.
Stearin in thieriſchen Geweben 379, in Pflanzen 139.
Stearinſäure im Blut 248, in Pflanzen 140.
Stearoptene 353.
Stickſtoff als Nahrungsſtoff der Pflanzen 62, 63.
Stinkaſandöl 343.
Stoff, der Vorrath deſſelben bleibt ſich immer gleich IX.
Stoffwechſel XIV, XV, 530, Schnelligkeit deſſelben 433, 434.
Suberin 109.
Sucre interverti 118.

Sumpfgas 564.
Synantherin 114.
Synaptaſe 96.
Synovia 360, 361, 370.

T.

Talgdrüſen (Abſonderung derſelben) 515.
Talgſäure im Blut 248, in Pflanzen 140.
Talgſtoff in thieriſchen Geweben 379, in Pflanzen 139.
Taurin 434, im Darminhalt 522.
Taurocholſäure 439.
Taurylſäure 498.
Teleoxydiſche Stoffe (Kritik des Begriffs derſelben) 161.
Terpenthinöl 340.
Thallochlor 322.
Thein 301.
Thonerde in der Ackererde 7, in Pflanzen 158.
Thränen 517, quantitative Analyſe derſelben 518.
Thränen der Rebe 71.
Thymus 364.
Tintenbeutel der Cephalopoden (Ausſcheidung deſſelben) 530.
Titanoxyd in der Ackererde 8.
Titanſäure im Blut 255.
Transſudate 360.
Traubenſäure 279.
Traubenzucker 118.
Treppengefäße 105.
Typiſche Kräfte, Beurtheilung derſelben XXII.
Tyroſin 459, 555, 556.

U.

Uebergallertſäure 121.
Uebermanganſäure in Pflanzen 164.
Ulmin 11, Entwicklung deſſelben 562.
Ulminſäure 10, in den Herbſtblättern 356, im Holz 108.

Uroglaucin 496.
Uroxanthin 496.
Urrhodin 496.
Uſneaſäure 332.
Uſninſäure 332.
Utriculus internus 75.

V.

Vaccinſäure 409.
Valerianſäure in Pflanzen 144, in thieriſchen Geweben 381.
Verdauung 191, der anorganiſchen Nahrungsſtoffe 192, der eiweißartigen Körper 210, der Fettbildner 194, der Fette 204, künſtliche Verdauung 213, Verdauung des Wachſes 210.
Vermoderung 549.
Vernix caseosa 515, 516, quantitative Analyſe derſelben 517.
Verweſung 549.
Verwitterung 4.
Viridinſäure 290.
Vitellin 401.
Vorhautſalbe 515, 516, 517.

W.

Wachholderbeerenwachs 150.
Wachholderöl 341.
Wachs 134, 146, der Bienen 457, Ceyloniſches 149, Chineſiſches 147, Entwicklung deſſelben in der Pflanze 153, Japaniſches 149, Mengenverhältniſſe deſſelben in der Pflanze 153, Vorkommen deſſelben in den Pflanzen 135.
Wallrath 381.
Waſſer 29, in den Geweben 387, Waſſergehalt der Luft 24, als Nahrungsſtoff der Pflanzen 61, Verwitterung durch das Waſſer 4.
Waſſerſtoffgas in den Darmgaſen 518.
Wechſelwirthſchaft 169, 176.
Weinſäure 278.
Wolle 371, 393, Fette der Wolle 516.

X.

Xanthophyll 321.
Xanthoproteinſäure 78.
Xanthoxyd 466.

Z.

Zähne 364, 379, 388, 389, 390, 391, 392.
Zellgewebe 367.
Zellſtoff 101, in thieriſchen Geweben 385.
Zerfallen der organiſchen Stoffe nach dem Tode 545.
Zibeth 515.
Zimmtöl 341.
Zimmtſäure 287.
Zucker 118, im Blut 250, im Chylus 224, im Ei 403, in der Galle 437, in thieriſchen Geweben 385, im Harn 507.
Zwiſchengelenkknorpel des Kniegelenks 373.

Sinnſtörende Druckfehler.

S. 144 Zeile 12 von oben ſteht: 15° C, lies: — 15° C.
„ „ „ 4 von unten „ 20° C, lies: — 20° C.
„ 514 „ 15 von oben „ organiſche, lies: anorganiſche.
„ 560 „ 1 von unten „ LXXVII, lies: LXXVIII.

Bayerische Staatsbibliothek München